



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA GUANUJO, CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLIVAR”

TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: FABIOLA BEATRIZ TARIS AGUACHELA

TUTOR: ING. MARCO CHUIZA ROJAS

Riobamba – Ecuador

2016

©**2016**, Fabiola Beatriz Taris Aguachela.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo técnico: **“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA GUANUJO, CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLIVAR”** de responsabilidad de la señorita Fabiola Beatriz Taris Aguachela, ha sido revisado por los Miembros del Tribunal de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Marco Chuiza DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
Ing. Mónica Andrade MIEMBRO DEL TRIBUNAL

“Yo, **FABIOLA BEATRIZ TARIS AGUACHELA** soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación de Grado pertenecen a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**”

.....
FABIOLA BEATRIZ TARIS AGUACHELA

DEDICATORIA

A mi Dios que con su infinita misericordia me mantuvo firme en esta meta cumplida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo que mediante sus excelentes maestros forjaron parte de vida como profesional, aportando sus conocimientos y experiencias hasta cumplir una etapa más en mi vida.

A mis amados padres Manuel y Dolores, quienes fueron mi pilar fundamental, quienes día a día me guiaron en mi camino con su apoyo incondicional, sus consejos y me enseñaron a luchar por lo que uno sueña en la vida.

Fabiola Beatriz Taris Aguachela

AGRADECIMIENTO

A Dios ya que siempre ha guiado mi camino día a día, y me ha bendecido con sabiduría lo cual me permitió llegar a culminar una etapa más de mi vida.

Al Ing. Marco Chuiza y Ing. Mónica Andrade; siendo los guías en la elaboración del Proyecto de Titulación, por tener gran paciencia y dedicación de tiempo hacia conmigo.

A la E.P- Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda, por proporcionarme el aval para realizar la investigación y de manera especial al Ing. Raúl Allán, Técnico de Laboratorio de Control de Calidad, por compartirme sus conocimientos y ser un guía durante la elaboración de mí proyecto de titulación.

A mi familia en especial a mis padres Manuel y Dolores, por darme vida, cuidarme y amarme como solo ellos lo saben hacer.

A mis hermanos Nancy, Remigio y Mirian quienes estuvieron en todo momento conmigo brindándome palabras de aliento para no dejarme vencer por nada y por nadie, enseñándome que la vida siempre tiene que seguir a pesar de las dificultades que se presentan, quienes confiaron en mi persona siempre, los quiero mucho.

A mis tías, quienes siempre con sus sabios consejos me guiaron por el camino de la vida y me enseñaron que el único camino de superación para una vida mejor, era la educación.

A mis amigos Patricio y María Cristina, quienes formaron una parte especial en mi vida, quienes me abrieron las puertas de sus hogares como una miembro más de su familia mil gracias por ello.

Fabiola Beatriz Taris Aguachela

ABREVIATURAS

H_O	Altura de flujo de agua
H_a	Altura de la cresta
h_a'	Altura del tirante en el canal
H_{Tf}	Altura total de la cámara
W	Ancho de la garganta
b_{LS}	Ancho de Lecho de Secado
θ	Ángulo de inclinación de las barras
A_{LS}	Área del Lecho de Secado
A_f	Área horizontal del filtro
A_T	Área Total del desarenador
E_0	Carga hidráulica disponible
Q_P	Caudal Punta
Q_s	Caudal servido
C_D	Coefficiente de arrastre
C_2	Concentración final del PAC
C_1	Concentración inicial PAC
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
ρ_a	Densidad de la arena
ρ_o	Densidad de referencia para sólidos y líquidos
D_{HTH}	Dosificación HTH
D_c	Dotación de agua consumida
EP- EMAPAG	E.P- Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
S	Espesor de las barras
FAFA	Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente
$^{\circ}C$	Grados centígrados
g	Gramos
Kg	Kilogramos
L	Litro
L_b	Longitud de las barras
m/s	Metros por segundo
mg/L	Miligramos por litro

ml	Mililitro
mm	Milímetro
N_b	Número de barras
N_{Re}	Número de Reynolds
OD	Oxígeno Disuelto
P_a	Población actual
P_f	Población futuro
PAC	Policloruro de aluminio
%	Porcentaje
Hu	Profundidad útil del filtro
RH	Radio hidráulico
s	Segundos
e	Separación entre barras
As	Superficie del desarenador
r	Tasa de crecimiento anual
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente
T_r	Tiempo de retención
T_{DL}	Tiempo desalojo de lodos
h_v	Tirante sobre el vertedero de salida
v	Velocidad
N	Velocidad de rotación
V_s	Velocidad de sedimentación
V_0	Velocidad en la sensación de medición
V_h	Velocidad horizontal
μ	Viscosidad cinemática
V_{AHTH}	Volumen de agua para diluir el HTH
V_2	Volumen de la prueba de jarras
V_{SM}	Volumen de la solución madre
V_f	Volumen del filtro
V_1	Volumen del PAC utilizado
V_{Cl}	Volumen del tanque de cloración
V_{TM}	Volumen del tanque mezclador
V_{DL}	Volumen diario de lodos digeridos

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE GRAFICOS	XIV
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XV
RESUMEN	XVII
SUMMARY	XVIII
CAPÍTULO I.....	1
1 DIAGNOSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Identificación del Problema.....	1
1.2 Justificación del Proyecto.....	1
1.3 Línea de Base del Proyecto	2
1.3.1 Determinación del caudal	2
1.3.2 Muestreo	4
1.3.2.1 Parámetros analizados	4
1.3.3 Métodos y Técnicas	6
1.3.3.1 Métodos	6
1.3.3.2 Técnicas	7
1.3.3.3 Análisis	7
1.4 Beneficiarios Directos o Indirectos	10
CAPÍTULO II	11
2 OBJETIVOS DEL PROYECTO	11
2.1 Objetivo General	11
2.2 Objetivos Específicos	11
CAPÍTULO III.....	12
3 ESTUDIO TÉCNICO PRELIMINAR	12
3.1 Localización del Proyecto.	12
3.2 Ingeniería del Proyecto.....	12
3.2.1 Agua	12
3.2.1.1 Aguas Residuales.....	13
3.2.1.2 Tratamiento de Aguas Residuales	13
3.2.2 Cálculos de Diseño	14
3.2.2.1 Cálculo de población a futuro.....	14
3.2.2.2 Cálculos de Caudales.....	15

3.2.2.3	Dimensionamiento del Sistema de Tratamiento	17
3.2.3	Resultados.....	48
3.2.3.1	Proyección Futura.....	48
3.2.3.2	Resultados del Diseño del Sistema de Tratamiento de Agua Residual	49
3.2.3.3	Resultados de la Caracterización Física-Química y Microbiológica antes y después del tratamiento del agua residual.....	51
3.2.3.4	Porcentaje de remoción obtenido después del tratamiento.....	53
3.3	Proceso de Producción.....	58
3.4	Requerimientos de Tecnología, Equipos y Maquinaria.....	59
3.5	Análisis de Costo/Beneficio del Proyecto	61
3.6	Cronograma de Ejecución del Proyecto	64
CONCLUSIONES		65
RECOMENDACIONES		66
BIBLIOGRAFÍA		67
ANEXOS.....		69

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1: Hidrograma de caudales diario	4
Ilustración 2-3: Disminución del color	53
Ilustración 3-3: Disminución de la turbiedad.....	54
Ilustración 4-3: Disminución del Nitrógeno Total	54
Ilustración 5-3: Disminución del Nitrógeno Amoniacal	55
Ilustración 6-3: Disminución del DBO ₅	55
Ilustración 7-3: Disminución del DQO	56
Ilustración 8-3: Disminución de Coliformes Totales	56
Ilustración 9-3: Disminución de Coliformes Fecales	57
Ilustración 10-3: Proceso de producción.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Aforo de caudal agua residual mes de octubre	3
Tabla 2-1: Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Física del agua.....	4
Tabla 3-1: Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Química del agua.....	5
Tabla 4-1: Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Microbiológica del agua.....	6
Tabla 5-1: Caracterización físico – químico y microbiológico del agua residual	8
Tabla 6-1: Caracterización físico – químico y microbiológico del agua residual	9
Tabla 7-3: Variación del índice de biodegradabilidad del agua residual	14
Tabla 8-3: Criterios de diseño para las rejillas de limpieza manual.....	17
Tabla 9-3: Coeficiente de pérdida de rejillas	17
Tabla 10-3: Revisión de la capacidad de conducción de los canales revestidos	20
Tabla 11-3: Coeficiente de rugosidad de Manning en canales abiertos con revestimiento.....	20
Tabla 12-3: Condiciones para determinar el borde libre de un canal.....	22
Tabla 13-3: Relación entre diámetro de las partículas y velocidad de sedimentación	23
Tabla 14-3: Propiedades físicas del agua a distintas temperaturas	23
Tabla 15-3: Diseño para desarenadores rectangulares de flujo horizontal.....	25
Tabla 16-3: Remoción de depósitos	26
Tabla 17-3: Determinación de W de la canaleta de Parshall en función del caudal	29
Tabla 18-3: Valores de K y n	30
Tabla 19-3: Parámetros para el ancho de la garganta.....	31
Tabla 20-3: Dimensiones estandarizadas del canal Parshall	32
Tabla 21-3: Datos para el dimensionamiento del tanque mezclador rápido	34
Tabla 22-3: Parámetros de diseño del tanque mezclador rápido.....	36
Tabla 23-3: Densidad y viscosidad del agua a distintas temperaturas	37
Tabla 24-3: Número de potencia para diferentes tipos de impulsores	37
Tabla 25-3: Parámetros de diseño para lechos de secado	39
Tabla 26-3: Criterios de Diseño del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)	41
Tabla 27-3: Dosis para diversas aplicaciones de la cloración en la recogida, tratamiento y evacuación del agua residual.....	44
Tabla 28-3: Resultados de la prueba de jarras para la turbiedad promedio de 69,04 NTU.....	47
Tabla 29-3: Prueba de jarras para la turbiedad promedio de 70,82 NTU	48
Tabla 30-3: Resultados proyección futura	48
Tabla 31-3: Resultados de los caudales para el diseño del sistema de tratamiento.....	49
Tabla 32-3: Resultados del dimensionamiento de las rejillas	49
Tabla 33-3: Resultados del dimensionamiento del canal rectangular vertedero	49

Tabla 34-3: Resultados del dimensionamiento del desarenador	49
Tabla 35-3: Resultados del dimensionamiento del canal Parshall	50
Tabla 36-3: Resultados del dimensionamiento del tanque mezclador rápido de turbina	50
Tabla 37-3: Resultados del dimensionamiento del lecho de secado	50
Tabla 38-3: Resultados del dimensionamiento del filtro anaeróbico de flujo ascendente	50
Tabla 39-3: Resultados del dimensionamiento del tanque de cloración	51
Tabla 40-3: Resultados de la dosificación del desinfectante hipoclorito de calcio (HTH)	51
Tabla 41-3: Caracterización físico – químico y microbiológico de muestra compuesta del agua residual de la descarga al cuerpo receptor.	52
Tabla 42-3: Caracterización física del color.	53
Tabla 43-3: Caracterización físico de la turbiedad.....	53
Tabla 44-3: Caracterización química del Nitrógeno total	54
Tabla 45-3: Caracterización química del Nitrógeno Amoniacal.....	54
Tabla 46-3: Caracterización química de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	55
Tabla 47-3: Caracterización química de la demanda química de oxígeno (DQO).....	56
Tabla 48-3: Caracterización bacteriológica de coliformes totales	56
Tabla 49-3: Caracterización bacteriológica de coliformes fecales.....	57
Tabla 50-3: Materiales y equipos para medición del caudal	59
Tabla 51-3: Determinación Físicas – Químicas y Microbiológicas para el agua residual	59
Tabla 52-3: Materiales, Equipos y Reactivos para Caracterización del Agua Residual	59
Tabla 53-3: Materiales, Equipos y Reactivos para Pruebas de Coagulación, Floculación y Sedimentación.....	61
Tabla 54-3: Presupuesto para la planta de tratamiento	61
Tabla 55-3: Costos de los productos químicos para el tratamiento del agua residual.....	63

ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1-3: Mapa Ubicación de la Planta de agua residual	12
Gráfico 2-3: Formas de las barras de rejillas	17

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua.....	87
Anexo B. Métodos y técnicas utilizados para el análisis físico - químico del agua.....	89
Anexo C. Métodos y técnicas utilizadas para el análisis microbilógico del agua.....	103
Anexo D. Análisis físicos - químicos y microbiológicos.....	105
Anexo E. Planos.....	106

Declaración de Autenticidad

Yo, Fabiola Beatriz Taris Aguachela, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación.

Riobamba, 14 de Junio del 2016

Fabiola Beatriz Taris Aguachela

C.I. 020208359-8

RESUMEN

Se realizó el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la Parroquia de Guanujo, provincia de Bolívar, con el objetivo de disminuir la contaminación en la descarga al río Guaranda hasta límites permisibles.

En la caracterización físico-química y microbiológica se determinaron que la demanda bioquímica de oxígeno = 350,5 mg/l, demanda química de oxígeno = 700,38 mg/l, sólidos totales = 216,77 mg/l, coliformes fecales = 446,50 Nmp/100ml, coliformes totales = 897,50 Nmp/100ml, nitrógeno total = 20,55 mg/l y nitrógeno amoniacal = 14,02 mg/l son los parámetros fuera de norma.

La planta de tratamiento constará de los siguientes procesos: rejillas, vertedero horizontal, desarenador, canal parshall, tanque homogeneizador, cuatro filtros anaerobios de flujo ascendente, tanque de cloración. Además se determinó que las dosificaciones óptimas para el tratamiento químico son: Policloruro de Aluminio (PAC) de una concentración de 100ppm, auxiliar iónico (CHEMFLOC) de concentración 0,8 ppm, e Hipoclorito de Calcio (HTH) de concentración 6ppm.

La validación del agua tratada nos da los siguientes resultados: 7,11 pH, 80,4 mg/L demanda química de oxígeno, 32 mg/L demanda bioquímica de oxígeno, 1,24 mg/L nitrógeno total, 0,02mg/L nitrógeno amoniacal, <1 UFC/100ml coliformes fecales y <1 UFC/100ml coliformes totales; que cumple con la normativa establecida en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente TULSMA Libro VI, Anexo I. Tabla 10.

Se recomienda a la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda implementar la planta de tratamiento en la parroquia para reducir el impacto ambiental del río Guaranda.

SUMMARY

This research is intended to design a wastewater treatment plant for Guanujo parish from Guaranda city in Bolivar Province, in order to improve the quality of wastewater effluent to prevent the Guanujo river and its bounds pollution from these wastewater effluents released into the river.

The physico-chemical and microbiological characterization of the wastewater effluents reported that biochemical oxygen demand (DBO₅) of 350,5, chemical oxygen demand of 700,38 mg/L, total solids of 216,77 mg/L, faecal coliform [bacteria] of 446,50 Nmp/100mL, total coliform of 897,50 Nmp/100mL, total nitrogen of 20,55 mg/L, ammonia nitrogen of 14,02 mg/L which exceed the norms.

The wastewater treatment system consist of grilles, a horizontal dumping device, a parshall canal, a homogenizing device, four ascendant flow anaerobic filters and a chlorination basin as well as the optimal dosage in regarding the chemical treatment, which accounts for the aluminum poly-aluminum chloride (PAC) content of 100 ppm, auxiliary ionic (CHEMFLOC) content of 0,8 ppm, calcium hypochlorite (HTH) content of 6ppm.

The results of the wastewater treated accounts for 7,11 pH, chemical oxygen demand of 80,4, the biochemical oxygen demand (DBO₅) of 32 mg/L, total nitrogen of 1,24 mg/L, ammonia nitrogen of 0,02 mg/L, <1 UFC/100ml faecal coliform, and <1 UFC/100ml total coliform which fulfill the norms stated by the Environmental Legislation TULSMA Unified Text, enclosed at Code VI, Annex 1. Chart 10

Thus, it is advisable for Municipal Sewage and Potable Water Entity from Guaranda to implement the wastewater treatment plant of this study proposal in order to reduce the environmental impact mainly on the Guanujo river.

CAPÍTULO I

1 DIAGNOSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del Problema

El agua es uno de los recursos importantes de la naturaleza, vital para el hombre, necesarios para el campo, importante para la industria.

En la actualidad está siendo afectada por las diferentes actividades de la humanidad, lo que conlleva a un problema ambiental, como es la contaminación de los cuerpos hídricos dando como resultado un exceso de nutrientes que sobrepasan las capacidades de carga de los ecosistemas. Así también de elementos tóxicos que muestran un gran riesgo por la descarga de las aguas residuales domesticas sin un previo tratamiento alguno.

Estas aguas se convierte en el principal foco infeccioso para la salud como de: enfermedades fitosanitarios, aumento de enfermedades gastrointestinales de los habitantes que se localizan a su alrededor, ya que estas aguas contaminadas son aprovechadas para diferentes actividades de la parroquia como riego de cultivos, lavado de ropa y bebida para los animales.

Por tal motivo se deben investigar procesos que ayuden a solucionar los problemas ambientales, garantizar la calidad de vida de los habitantes y fortalecer la conservación de la flora y fauna aledaña al sector.

Este problema va a ser analizado y desarrollado hasta obtener un agua residual óptima, para que sea descargada hacia el rio Guaranda sin alteración al ambiente, con el fin de reducir los efectos contaminantes de las aguas residuales domestico generada en la parroquia a sus límites permisibles por la normativa ambiental vigente en el país. Diseñando una planta de tratamiento de aguas residuales apropiado para la parroquia de Guanujo.

1.2 Justificación del Proyecto

El agua es un recurso importante para la vida, para poder subsistir necesitamos de ella, es un soporte del desarrollo económico y social de cualquier país; debido al gran consumo de agua

por parte de la sociedad para satisfacer sus necesidades diarias, se genera la descarga de la misma pero con cierto grado de toxicidad según el uso que se ha dado.

Las aguas residuales generadas por la poblaciones son descargadas ya sea a través del cauce de un río, lago o incluso el mar. Estas aguas no deben provocar contaminación por ello el MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador) busca solucionar los problemas ambientales y promover la mejora continua en todos los procesos de tratamiento de aguas de descarga y descontaminación de cuerpos hídricos, a través de la Dirección Provincial de Bolívar que es la entidad que controla este tipo de efectos contaminantes dentro de la provincia.

La parroquia de Guanujo no posee ningún tipo de tratamiento, lo que ocasiona problemas de salubridad y contaminación ambiental ya que posee índices elevados de compuestos orgánicos, inorgánicos y microbiológicos patógenos que trastornan la calidad del agua, incumpliendo con la normativa ambiental, estas son descargadas al río Guaranda.

Por lo mencionado se justifica proponer un “DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA GUANUJO, CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLIVAR” para cumplir con las perspectivas que requiere la parroquia, y los parámetros que establece el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente TULSMA Libro VI, Anexo I. Tabla 10. Recurso agua.

1.3 Línea de Base del Proyecto

1.3.1 Determinación del caudal

El caudal del agua residual que genera la parroquia de Guanujo no tiene un flujo constante, es decir es muy variado, por lo que se utilizó el método volumétrico, para su determinación mediante los siguientes pasos:

- a) Se procedió a realizar aforaciones directas del agua residual que llega a una descarga de un cuerpo receptor que es el río Guaranda, con la ayuda de una balde graduado y un cronometro determinando el tiempo de llenado.
- b) Las aforaciones se realizó en horas pico, los días miércoles, viernes y sábado es decir, considerando el mayor volumen de agua residual generada, desde las 06H00 – 07H00, 12H00 – 13H00 y 18H00 – 19H00, en intervalos de tiempo de 20 minutos, el mes de monitoreo fue el mes de octubre.

- c) Con los datos obtenidos se realizó la tabulación de los registros para su posterior consolidación por días. En donde también se determinó un caudal promedio de 28,65 L/s. El caudal promedio obtenido será la base para la determinación del caudal que será utilizado para el diseño.

Tabla 1-1: Aforo de caudal agua residual mes de octubre

OCTUBRE				
Fecha	Horario / Caudal (L/s)			Promedio/Caudal (L/s)
	06H00 - 07H00	12H00 - 13H00	18H00 - 19H00	
2	33	23	26	27,33
3	27	36	21	28
5	29	27	32	29,33
7	23	30	30	27,66
9	31	34	35	33,33
10	21	29	30	26,66
12	30	27	34	30,33
14	29	26	27	27,33
16	35	29	35	33
17	34	32	23	29,66
19	29	30	36	31,66
21	27	21	27	25
23	26	34	22	27,33
24	29	30	34	31
26	32	27	29	29,33
28	30	28	23	27
30	27	24	22	24,33
31	35	29	26	30
CAUDAL PROMEDIO = 28,65				

Realizado por: Fabiola Taris, 2016.

A partir de los datos que se recogieron, se procedió a realizar un hidrograma de caudales diario, en donde se puede estimar de mejor manera cual es la variación del flujo de caudal de las aguas residuales.

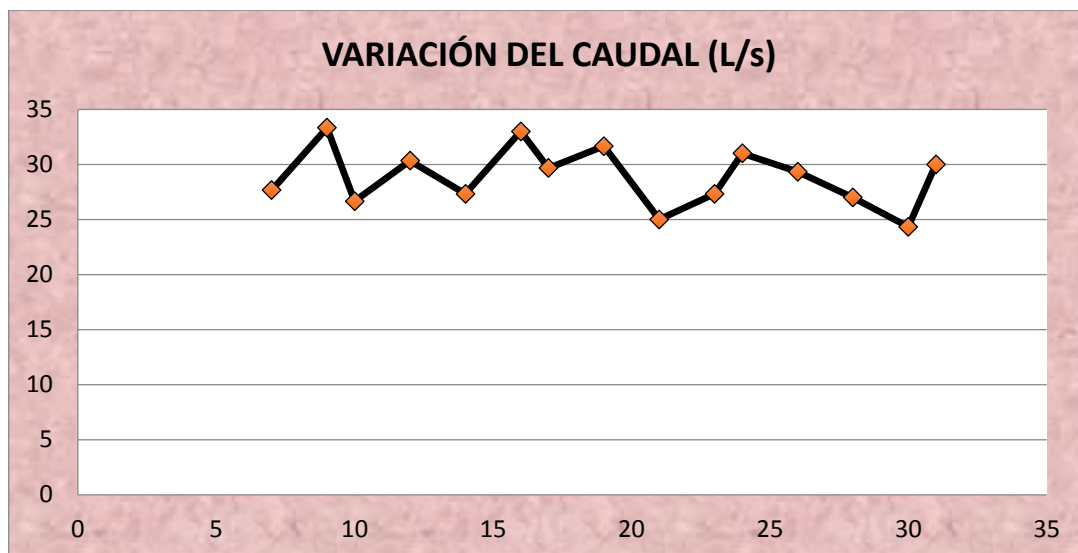


Ilustración 1-1: Hidrograma de caudales diario

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

1.3.2 Muestreo

Se tomaron 3 muestras de tipo sistemático simple en el día, en las horas pico obteniéndose diferentes muestras que al final del día se mezclaron para obtener una mezcla compuesta, las muestras fueron tomadas de la descarga de aguas residuales, una vez por semana, durante los meses de Noviembre y Diciembre.

Las mismas fueron recogidas en envases de plástico Whirl-pack o frascos estériles, debidamente etiquetados con la fecha y hora de muestreo, estas muestra se trasladó a al laboratorio para la realización de los diferentes ensayos físico - químico y microbiológico

El muestreo de las aguas de descarga se lo realizó en base a la norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98, Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.

1.3.2.1 Parámetros analizados

Para la medición de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, se realizó tomando en consideración los siguientes métodos

Tabla 2-1: Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Física del agua

Parámetro	Unidad	Método
Color	UTC	Colorimétrico. REF1001/S502.
Conductividad	$\mu\text{S/cm}$	Conductimétrico. REF1001/S501.

Ph	-----	Potenciométrico. REF1001/S503.
Sólidos totales disueltos	mg/L	Conductimétrico. REF1001/S504.
Temperatura	°C	Conductimétrico/Potenciométrico. REF1001/S501.
Turbiedad	NTU	Nefelométrico. REF1001/S505.

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

Tabla 3-1: Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Química del agua

Parámetro	Unidad	Método
Nitrógeno amoniacal (NH ₃ -N)	mg/L	Espectrofotométrico. REF1001/S516
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	mg/L	Espectrofotométrico. REF1001/S517
Fluoruros (F)	mg/L	Espectrofotométrico. REF1001/S510
Hierro total (Fe)	mg/L	Espectrofotométrico. REF1001/S512
Manganeso (Mn ²⁺)	mg/L	Espectrofotométrico. REF1001/S513
Cromo (Cr ⁺⁶)	mg/L	Espectrofotométrico. REF1001/S508
Cobre (Cu)	mg/L	Espectrofotométrico. REF1001/S507
Dureza total (CaCO ₃)	mg/L	Titulométrico (EDTA)
Aluminio (Al ³⁺)	mg/L	Espectrofotométrico. REF1001/S518
Cloruros (Cl ⁻)	mg/L	Espectrofotométrico. REF1001/S522
Níquel (Ni)	mg/L	Espectrofotométrico. REF1001/S526
Cobalto (Co)	mg/L	Espectrofotométrico. REF1001/S523
Plomo (Pb ²⁺)	mg/L	Espectrofotométrico. REF1001/S529
Zinc (Zn ²⁺)	mg/L	Espectrofotométrico. REF1001/S531
Plata (Ag ⁺)	mg/L	Espectrofotométrico. REF1001/S528
Cianuro (CN ⁻)	mg/L	Espectrofotométrico. REF1001/S521
Bario (Ba ²⁺)	mg/L	Espectrofotométrico. REF1001/S519
Cromo total (Cr)	mg/L	Espectrofotométrico. REF1001/S524
Oxígeno disuelto (O ₂)	mg/L	Espectrofotométrico. Standard Methods No. 4500 D
DQO	mg/L	Espectrofotométrico. Standard Methods No. 5220 D
DBO ₅	mg/L	Espectrofotométrico. Standard Methods No. 5210 D

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

Tabla 4-1: Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Microbiológica del agua

Parámetro	Unidad	Método
Coliformes fecales	NMP/100mL	Filtración de membrana al vacío. REF1001/S602. Standard Methods No.36013
Coliformes totales	NMP/100mL	Filtración de membrana al vacío. REF1001/S601. Standard Methods No.36002

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G

Realizado por: Fabiola Taris, 2016.

1.3.3 Métodos y Técnicas

1.3.3.1 Métodos

Para el desarrollo de este proyecto se tomó en cuenta tres tipos de métodos, inductivo, deductivo y experimental, los cuales con la aplicación de estos métodos nos permiten conocer los distintos contaminantes presentes en las aguas residuales que son descargadas directamente a un cuerpo de agua dulce e identificar así cuales se encontraban fuera de norma, y gracias a los cuales se facilitara el estudio y desarrollo de una planta de tratamiento adecuado para el sector.

- **Inductivo**

Para realizar el estudio se tomó el caudal en el punto de descarga, mediante el método volumétrico, 3 veces por día en las horas pico, esto permitió conocer la cantidad de agua contaminada en el Rio Guaranda. Luego se procedió a recoger muestras en los frascos estériles para sus posteriores caracterizaciones en el Laboratorio de Control de Calidad de la E.P - EMAPAG.

- **Deductivo**

Para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, se debió tomar en cuenta los efectos que produce la contaminación ya sea en la descarga directa al rio de agua dulce, como también hacia el entorno y sectores aledaños. Para dar una solución se incluyó etapas de tratamientos primarios, secundarios, en base a la deducción de los resultados de los análisis realizados de las aguas residuales, y cuyo objetivo es asegurar que los parámetros establecidos por el TULSMA estén dentro del rango permitido para que el efluente pueda ser descargado a río.

- **Experimental**

La parte experimental de este estudio se realizó al tomar las muestras de aguas residuales y hacer sus correspondientes análisis, obteniendo resultados que nos ayudan a diseñar la planta de tratamiento más apropiado para la Parroquia Guanujo, haciendo que los parámetros cumplan con lo establecido en el Texto Unificado Secundario de Legislación de Medio ambiente (TULSMA).

1.3.3.2 Técnicas

Las técnicas y normas utilizadas en ese proyecto, se basan en el manual de procedimientos técnicos del laboratorio de control de calidad de la E.P – EMAPA-G “Estándar Methods for Examination of Water and Wastewater” (Métodos Normalizados para el análisis de agua Potable y Residuales) especificados en la última edición **Anexo B**, y el manual de Análisis de Agua, Métodos HACH. **Anexos C**.

1.3.3.3 Análisis

Con todos los datos recolectados se procedió a registrarlos en diferentes cuadros para cada periodo de tiempo, los cuales permitieron establecer las distintas variables para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, al tiempo se estableció análisis comparativos para identificar los parámetros bajo la normativa vigente TULSMA Libro VI Anexo I Tabla 10, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Tabla 5-1: Caracterización físico – químico y microbiológico del agua residual

PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA	MES MONITOREADO				PROM
		Lim.Max.Per	02-nov	11-nov	19-nov	25-nov	
COLOR	UTC	Ina. en dis	150,00	100,00	170,00	120,00	135,00
TURBIEDAD	NTU	.....	68,43	54,27	90,06	70,52	70,82
Ph	.....	6-9	7,64	7,25	7,32	7,75	7,49
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	680,02	712,50	850,60	560,34	700,87
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	130	245,81	242,88	264,69	246,32	249,93
TEMPERATURA	° C	< 35	19,70	19,64	19,82	19,82	19,75
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	15,0	26,90	19,46	18,91	20,64	21,48
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	10,0	1,45	1,67	1,68	1,70	1,63
NITROGENO AMONIAICAL (NH ₃ -N)	mg/L	10,0	13,47	14,68	15,07	15,63	14,71
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000	10,00	12,00	11,00	12,00	11,25
FLUORUROS (F)	mg/L	5,0	1,84	1,94	2,06	1,97	1,95
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10,0	10,39	10,34	12,62	11,37	11,18
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	2,0	0,112	0,128	0,117	0,119	0,119
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0,5	0,11	0,14	0,14	0,12	0,13
COBRE (Cu)	mg/L	1,0	0,22	0,24	0,20	0,21	0,22
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	.....	400,00	420,00	380,00	410,00	402,50
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	5,0	0,030	0,026	0,034	0,030	0,030
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	1000	134,20	142,06	126,45	130,73	133,36
NIQUEL (Ni)	mg/L	2,0	0,24	0,22	0,24	0,28	0,25
COBALTO (Co)	mg/L	0,5	0,27	0,28	0,30	0,27	0,28
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	0,2	0,008	0,007	0,007	0,008	0,008
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	5,0	0,45	0,49	0,42	0,47	0,46
PLATA	mg/L	0,1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0,1	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	2,0	1,54	2,13	1,98	1,78	1,86
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	.....	0,70	0,95	0,84	0,72	0,80
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 MI	.....	840	900	1200	920	965,00
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	Rem. al 99%	502	540	620	540	550,50
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO ₅)	mg/L	100	320	200	250	201	242,75
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO)	mg/L	200	590	548	640	570	589

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P - EMAPA-G

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

Tabla 6-1: Caracterización físico – químico y microbiológico del agua residual

PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA	MES MONITOREADO				PROM
		Lim.Max.Per	02-dic	10-dic	15-dic	23-dic	
COLOR	UTC	Ina. en dis	110,00	120,00	150,00	115,00	123,75
TURBIEDAD	NTU	.....	60,57	70,36	80,65	64,58	69,04
Ph	.....	6-9	7,65	7,54	7,86	7,51	7,64
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	605,37	750,46	681,07	720,69	689,40
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	130	180,64	165,08	190,63	198,07	183,61
TEMPERATURA	° C	< 35	19,48	19,76	19,64	19,37	19,56
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	15,0	19,37	20,17	19,35	19,62	19,63
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	10,0	1,15	1,92	1,42	1,45	1,49
NITROGENO AMONIAICAL (NH ₃ -N)	mg/L	10,0	12,80	13,42	13,62	13,50	13,34
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000	10,00	12,00	14,00	10,00	11,50
FLUORUROS (F)	mg/L	5,0	1,42	1,46	1,50	1,45	1,46
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10,0	7,64	8,63	7,85	8,74	8,22
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	2,0	0,204	0,263	0,237	0,246	0,238
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0,5	0,10	0,15	0,12	0,12	0,12
COBRE (Cu)	mg/L	1,0	0,21	0,20	0,18	0,22	0,20
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	.....	400,00	420,00	480,00	460,00	440,00
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	5,0	0,029	0,037	0,030	0,026	0,031
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	1000	123,10	134,28	115,280	110,520	120,80
NIQUEL (Ni)	mg/L	2,0	0,30	0,33	0,29	0,31	0,31
COBALTO (Co)	mg/L	0,5	0,29	0,30	0,32	0,30	0,30
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	0,2	0,008	0,007	0,007	0,008	0,008
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	5,0	0,49	0,46	0,50	0,48	0,48
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0,1	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	2,0	1,46	1,32	1,43	1,25	1,37
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	.....	0,75	0,83	0,96	0,73	0,81
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	920	860	800	740	830,00
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	Rem. al 99%	440	340	310	280	342,50
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO ₅)	mg/L	100	543	410	560	320	458,25
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO)	mg/L	250	867	650	1000	730	811,75

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P – EMAPA-G

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

1.4 Beneficiarios Directos o Indirectos

Con la realización de este proyecto los principales beneficiarios serán todos los habitantes de la Parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar. Que tiene una población de 7160 habitantes de acuerdo al último censo realizado en el año 2010. En la misma habrá una disminución de malos olores y la apariencia del agua del río Guaranda mejorará notablemente, una vez que se implemente este proyecto.

CAPÍTULO II

2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 Objetivo General

Diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales para la Parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar.

2.2 Objetivos Específicos

- Efectuar la caracterización primaria físico – química y microbiológica de las aguas residuales de la Parroquia Guanujo del cantón Guaranda.
- Realizar pruebas de tratabilidad de las aguas residuales de la Parroquia Guanujo del cantón Guaranda.
- Identificar las variables de proceso para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Realizar los cálculos de ingeniería para el dimensionamiento de la planta de tratamiento.
- Validar el diseño propuesto mediante la caracterización físico – química y microbiológica del agua tratada, en base a los límites de descarga del TULSMA Libro VI. Anexo I. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

CAPÍTULO III

3 ESTUDIO TÉCNICO PRELIMINAR

3.1 Localización del Proyecto.

La planta de tratamiento de aguas residuales estará localizada en la Parroquia Urbana de Guanujo la misma que se encuentra al norte de Guaranda (Centro Urbano), está asentada en una planicie a una altura de 2.923 msnm, con una temperatura promedio de 12 °C. La superficie total es de 363 km². Al norte limita con la parroquia Salinas, al Este con la Cordillera Occidental de Los Andes, al Oeste con las parroquias Julio E. Moreno y Echeandía.

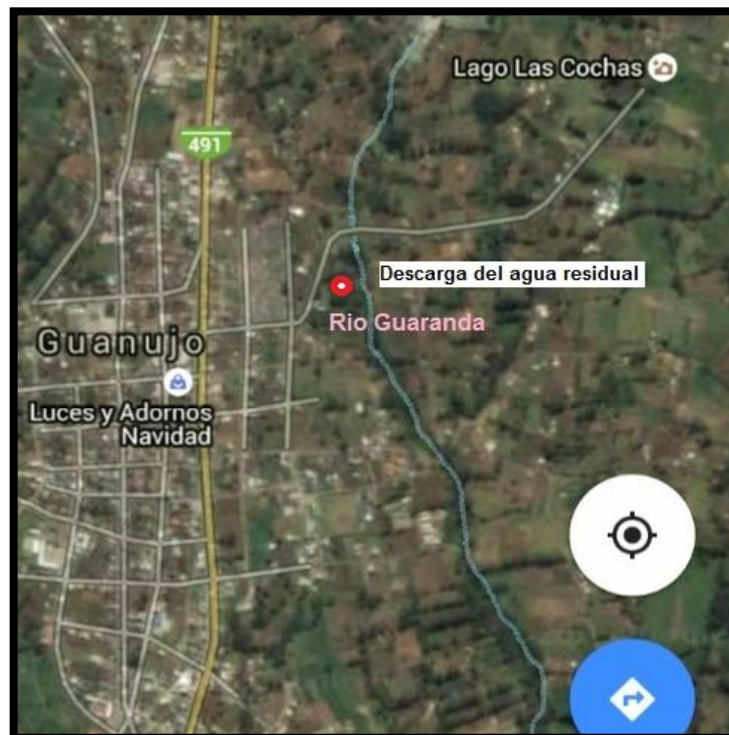


Gráfico 1-3: Mapa Ubicación de la Planta de agua residual

Fuente: Google maps, 2016

3.2 Ingeniería del Proyecto

3.2.1 Agua

El agua es de una importancia vital para el ser humano, así como para el resto de animales y seres vivos que nos acompañan en el planeta Tierra.

3.2.1.1 Aguas Residuales

Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado.

3.2.1.1.1 Características de las Aguas Residuales

- Características Físicas
- Características Químicas
- Características Biológicas

3.2.1.2 Tratamiento de Aguas Residuales

El tratamiento de Aguas Residuales es un conjunto integrado de operaciones unitarias y procesos unitarios.

Estas operaciones y procesos disponibles para la depuración de las aguas residuales comprende de niveles de tratamiento, como: preliminar o pre-tratamiento, tratamiento primario, secundario y tratamiento terciario o avanzado.

3.2.1.2.1 Etapas del Tratamiento

Las etapas de un tratamiento de aguas residuales son:

- Tratamiento Preliminar o Pre Tratamiento
- Tratamiento Primario
- Tratamiento Secundario
- Tratamiento Terciario

3.2.1.2.2 Índice de biodegradabilidad

El índice de biodegradabilidad nos permite conocer si la materia orgánica que se encuentra en el agua residual es biodegradable, o no biodegradable, hay sustancias que no son o son lentamente biodegradables, lo que constituye un una limitante para los procesos de tratamiento biológico de aguas residuales por lo que es necesario incorporar a las plantas depuradoras basada en mecanismos físicos – químicos.

Seleccionar un método u otro depende de la relación de DBO_5/DQ así.

Tabla 7-3: Variación del índice de biodegradabilidad del agua residual

Valor	Tipo de Agua
Menor que 0,2	No biodegradable
entre 0,2 a 0,4 Mayor que 0,4	Biodegradable
Mayor que 0,6	Muy biodegradable

Fuente: <http://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/30/30673/tema5analisisdeaguas.pdf>

Medida del índice de biodegradabilidad.- De acuerdo a la medición del índice de biodegradabilidad, tenemos que nuestro tratamiento es un tratamiento biológico y la materia orgánica es de naturaleza biodegradable.

$$\frac{DBO_5}{DQO} = \frac{350,5}{700,38}$$

$$\frac{DBO_5}{DQO} = 0,50$$

Por las condiciones climáticas de la parroquia, debido a que se encuentra a una temperatura de 12°C y la óptima para que los microorganismos puedan degradar la materia orgánica es de 25-36°C, se procedió a realizar un tratamiento físico- químico.

3.2.2 Cálculos de Diseño

3.2.2.1 Cálculo de población a futuro

Para el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la parroquia de Guanujo, es necesario proyectar hacia una población futura, tomando en cuenta el último censo poblacional en el año 2010. Aplicando la ecuación:

$$Pf = Pa \times \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n$$

Ecuación 1

Dónde:

Pf: Población futuro

Pa: Población actual: 7190, habitantes

r: Tasa de crecimiento anual: 1,95 % según el INEC

n: Proyección de diseño: 15 años - Requerimiento de EP-EMAPAG.

$$Pf = 7190 \times \left(1 + \frac{1,95}{100}\right)^{15}$$

$$Pf = 9605 \text{ hab.}$$

3.2.2.2 Cálculos de Caudales

- Dotación de agua consumida a partir de la medición del caudal**

A partir de la medición del caudal promedio realizado en el mes de octubre, tenemos que 28.65 L/s equivale a 2475,36 m³/día. Para calcular la cantidad de agua que consume la Parroquia de Guanujo en (L/hab×día) se utilizara la siguiente ecuación.

$$Dc = \frac{Q_{prom} \times 1000 \text{ L/m}^3}{Pa}$$

Ecuación 2

Dónde:

Dc: Dotación consumida (L/hab.× día)

Q_{prom}: Medición promedio del canal (L/s)

Pa: Población actual

$$Dc = \frac{2475,36 \text{ m}^3/\text{día} \times 1000 \text{ L/m}^3}{7190 \text{ hab.}}$$

$$Dc = 344,27 \text{ L/hab.día}$$

- Cálculo del caudal servido**

El caudal servido, se calcula al conocer que la población futura para el año 2030 es de 9605 habitantes y mediante la siguiente ecuación.

$$Q_s = \frac{P_f \times Dc}{1000 \text{ L/m}^3}$$

Ecuación 3

Dónde:

P_f: Población futura (hab.)

Dc: Dotación consumida (L/hab.× día)

$$Q_s = \frac{9605 \text{ hab} \times 344,27 \text{ L/hab.día}}{1000 \text{ L/m}^3}$$

$$Q_s = 3306,71 \text{ m}^3/\text{día}$$

- Cálculo del caudal medio diario (Q_{md})**

El caudal medio diario se calcula mediante la población servida, el consumo medio por habitante y un coeficiente “K” toma el valor de 0,8.

$$Q_{md} = K_1 \times Q_s$$

Ecuación 4

Dónde:

Q_s : Caudal servido

$$Q_{md} = 0.8 \times 3306,71 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$Q_{md} = 2645,36 \text{ m}^3/\text{dia}$$

- **Cálculo del caudal de diseño**

Caudal de diseño, expresado en (m^3/h).

$$Q_{\text{Diseño}} = \frac{Q_{md}}{24h}$$

Ecuación 5

Dónde:

Q_{md} : Caudal medio diario

$$Q_{\text{Diseño}} = \frac{2645,36 \text{ m}^3/\text{dia}}{24h}$$

$$Q_{\text{Diseño}} = 110,22 \text{ m}^3/\text{h}$$

- **Cálculo del caudal máximo diario**

Este caudal se utiliza para el dimensionado de aquellas unidades que tienen tiempos de retención hidráulica altos como son las balsas de homogeneización y las de aireación prolongada. Puede estimarse a partir del caudal medio diario donde K_p puede tomar un valor comprendido entre 1,5 y 2,5 así tenemos la siguiente expresión:

$$Q_{max} = K_p \times Q_{md}$$

Ecuación 6

$$Q_{max} = 1,5 \times 2645,36 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$Q_{max} = 165,33 \text{ m}^3/\text{h}$$

- **Cálculo del caudal mínimo diario**

Es el valor mínimo de caudal diario, está ligado a periodos de sequía. Se obtiene en función del caudal medio diario y del tamaño de la población, donde k es un valor entre 0,3 y 0,5.

Caudal mínimo diario (Q_{min}), donde el valor K es 0,3.

$$Q_{min} = K \times Q_{md}$$

Ecuación 7

$$Q_{min} = 0,3 \times 2645,36 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$Q_{min} = 33,06 \text{ m}^3/\text{h}$$

- **Cálculo del Caudal punta**

Es el caudal hidráulico máximo que puede admitir la planta. Se puede considerar Q_p como tres veces el Q_{md} durante épocas secas; mientras que se debe tomar como cinco veces en el caso de tiempo de lluvias, así tenemos que se asume un valor de 3 veces.

Este caudal se ha empleado para el diseño de la planta de tratamiento.

$$Q_p = K_1 \times Q_{md}$$

Ecuación 8

$$Q_p = 3 \times 2645,36 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$Q_p = 7936,08 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$Q_p = 91 \text{ L/s}$$

3.2.2.3 Dimensionamiento del Sistema de Tratamiento

3.2.2.3.1 Diseño de Rejillas

Tabla 8-3: Criterios de diseño para las rejillas de limpieza manual

Parámetro	Rango	Unidad
Anchura	5-15	mm
Diámetro de las barras	3/8-1 ^{1/2}	Pulgadas
Espaciamiento entre las barras	15-50	mm
Profundidad	25-37,5	mm
Separación entre las barras	25-50	mm
Velocidad de aproximación	0,3-0,6	m/s
Velocidad a través de las barras	0,3-0,6	m/s
Ángulo de inclinación	45-60	°(grados)

Fuente: Metcalf & Eddy Incorporated, 2009

Tabla 9-3: Coeficiente de pérdida de rejillas

FORMA	A	B	C	D	E	F	G
β	2,42	1,83	1,67	1,035	0,92	0,76	1,79

Fuente: Normas RAS, 2000

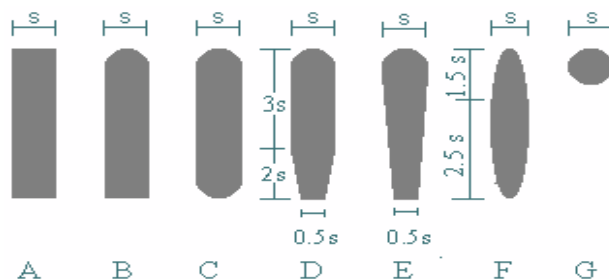


Gráfico 2-3: Formas de las barras de rejillas

Fuente: Normas RAS, 2000

- **Cálculo de la altura libre del paso del agua**

$$AL = \frac{Q_p}{v}$$

Ecuación 9

Dónde:

AL: Altura libre del paso del agua (m²)

Q_p: Caudal punta (m³/s)

v: Velocidad de entrada. Tabla 8-3

$$AL = \frac{0,091 \text{ m}^3/\text{s}}{0,60 \text{ m/s}}$$

$$AL = 0,15 \text{ m}^2$$

- **Cálculo de la altura del tirante del canal (ha')**

$$ha' = \frac{AL}{\beta}$$

Ecuación 10

Dónde:

ha': Tirante del canal (m)

AL: Área libre al paso del agua (m²)

β: Ancho del canal: 0,50 m - Dato propuesto por la Dirección Técnica de la EP-EMAPAG, utilizado en otras plantas de tratamiento del Cantón.

$$ha' = \frac{0,15 \text{ m}^2}{0,50 \text{ m}}$$

$$ha' = 0,30 \text{ m}$$

- **Longitud de las barras**

$$Lb = \frac{ha}{\sin \theta}$$

Ecuación 11

Dónde:

Lb: Longitud de las barras (m)

ha': Tirante del canal (m)

sin θ : Ángulo de inclinación de las barras. Tabla 8-3

$$Lb = \frac{0,30 \text{ m}}{\sin 50}$$

$$Lb = 0,42 \text{ m}$$

- **Cálculo del número de barras**

$$N_b = \frac{b}{e + s}$$

Ecuación 12

Dónde:

N_b : Número de barras

b : Ancho del canal (m)

e : Separación entre barras (m). Tabla 8-3

s : Espesor de las barras (m). Tabla 8-3

$$N_b = \frac{0,50 \text{ m}}{1,27e^{-2}m + 0,025 \text{ m}}$$

$$N_b = 13 \text{ barras}$$

- **Cálculo de la Pérdida de carga**

Aplicando la ecuación de Kirschmer:

$$h = \beta \left(\frac{s}{e} \right)^{4/3} \left(\frac{v^2}{2g} \right) \sin \theta$$

Ecuación 13

Dónde:

h : Pérdida de Carga (m)

β : Factor dependiente de la forma de las barras. Tabla 9-3

e : Separación entre barras (m). Tabla 8-3

s : Espesor de las barras (m). Tabla 8-3

$\left(\frac{v^2}{2g} \right)$: Carga de Velocidad antes de la reja (m)

v : Velocidad del agua residual (m/s)

g : Gravedad (m/s²).

θ : Ángulo de inclinación de las barras (°). Tabla 8-3

$$h = 1,79 \left(\frac{0,025m}{1,27e^{-2}m} \right)^{4/3} \left(\frac{(0,60 \text{ m/s})^2}{2 \left(9,81 \frac{m}{s^2} \right)} \right) \sin 50$$

$$h = 0,062m$$

3.2.2.3.2 Diseño del Vertedero – Rectangular

Tabla 10-3: Revisión de la capacidad de conducción de los canales revestidos

Anchura del fondo (m)	Altura del agua (m)	Pendiente longitudinal (porcentaje)			
		0,02	0,05	0,10	0,15
0,30	0,30	20-30*	30-40	40-60	40-70
0,50	0,40	40-70	70-120	100-160	120-200
0,80	0,60	140-240	230-370	320-530	400-650

Fuente: Estructuras De Conducción De Agua

- **Cálculo del radio hidráulico**

Los datos tomados de la Tabla 10-3 para un canal rectangular revestido son de 0,50 m de ancho del canal y 0,40 m de altura de agua en el canal.

$$RH = \frac{b \times h}{b + 2h}$$

Ecuación 14

Dónde:

RH: Radio hidráulico (m)

h: Altura máxima del agua en el canal (m). Tabla 10-3

b: Ancho del canal (m). Tabla 10-3

$$RH = \frac{0,50 \times 0,40}{0,50 + 2(0,40)}$$

$$RH = 0,15m$$

- **Cálculo de la velocidad media del canal**

Tabla 11-3: Coeficiente de rugosidad de Manning en canales abiertos con revestimiento

Canales revestidos	N	1/n
Ladrillos de mortero de cemento	0,020	50,00
Hormigón, piezas prefabricadas, sin terminar, paredes rugosas	0,015	66,67
Hormigón, acabado con paleta, paredes lisas	0,013	76,92
Ladrillos, paredes rugosas	0,015	66,67
Ladrillos, paredes bien construidas	0,013	76,92
Tablas, con crecimiento de algas/musgos	0,015	66,67
Tablas bastante derechas y sin vegetación	0,013	76,92
Tablas bien cepilladas y firmemente fijadas	0,011	90,91

Fuente: ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6708s/x6708s08.htm

El coeficiente de Manning es 0,015 de hormigón de paredes rugosas tomada de la Tabla 10-3 y una pendiente de 0,01% para canales abiertos con revestimiento.

$$v = \frac{1}{n} RH^{2/3} S^{1/2}$$

Ecuación 15

Dónde:

v: Velocidad media del canal (m/s)

RH: Radio hidráulico (m)

S: Pendiente (%), canal rectangular revestido de hormigón. Tabla 10-3

n: Coeficiente de rugosidad de Manning, Tabla 11-3

$$v = \frac{1}{0,015} 0,15^{2/3} 0,01^{1/2}$$

$$v = 1,8 \text{ m/s}$$

- **Cálculo del área de la sección transversal del canal**

$$A = \frac{Q_{max.d}}{v}$$

Ecuación 16

Dónde:

A: Área de la sección transversal del canal (m²)

Q_{max.d}: Caudal máximo de punta (m³/s)

v : Velocidad media del canal (m/s)

$$A = \frac{0,091 \text{ m}^3/\text{s}}{1,8 \text{ m/s}}$$

$$A = 0,05 \text{ m}^2$$

- **Cálculo de la altura máxima del agua en el canal**

Para la dimisión de un canal abierto tenemos $h=b/2$, en tanto que, $b=2h$, entonces:

$$A = b \times h$$

Ecuación 17

$$A = 2h \times h$$

$$A = 2h^2$$

$$h = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

Ecuación 18

$$h = \sqrt{\frac{0,05 \text{ m}^2}{2}}$$

$$h = 0,158 \text{ m}$$

Dónde:

h: Altura máxima del agua en el canal (m)

A: Área del canal (m²)

b: Ancho del canal (m)

- **Cálculo de la altura total del canal**

Tabla 12-3: Condiciones para determinar el borde libre de un canal

Caudal (m³/s)	Borde libre(m)
Menor a 0,50	0,30
Mayor a 0,50	0,40

Fuente: Pedro Rodríguez Rubio, 2008

De la Tabla 12-3 tomamos el valor de 0,30 como factor de seguridad para el borde libre del canal.

$$H = h + h_s$$

Ecuación 19

Dónde:

H: Profundidad total del flujo de agua (m)

h: Altura máxima de agua en el canal (m)

h_s: Factor de seguridad (m). Tabla 12-3

$$H = 0,158 \text{ m} + 0,30 \text{ m}$$

$$H = 0,45 \text{ m}$$

3.2.2.3.3 *Diseño del Desarenador*

El desarenador estará diseñado para la remoción de partículas de 0,01cm². Este valor corresponde a arena fina Tabla 13-3, así se asegura la sedimentación de arena gruesa y grava.

La relación largo y ancho del desarenador será L: B = 2:

Tabla 13-3: Relación entre diámetro de las partículas y velocidad de sedimentación

Material	Diámetro límite de partículas	Número de Reynolds	Vs	Régimen	Ley Aplicable
Grava	> 1.0	> 10000	100	Turbulento	$V_s = 1,82 \sqrt{d g \left(\frac{\rho_a - \rho}{\rho} \right)}$ Newton
Arena Gruesa	0.100 0.080 0.050 0.050 0.040 0.030 0.020 0.015	1000 600 180 27 17 10 4 2	10.0 8.3 6.4 5.3 4.2 3.2 2.1 1.5	Transición	$V_s = 0,22 \left(\frac{\rho_a - \rho}{\rho} g \right)^{2/3} \left(\frac{d}{(\mu/\rho)^{1/3}} \right)$ Allen
Arena Fina	0.010 0.008 0.006 0.005 0.004 0.003 0.002 0.001	0.8 0.5 0.24 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0	0.8 0.6 0.4 0.3 0.2 0.13 0.06 0.015	Laminar	$V_s = \frac{g(\rho_s - \rho)}{18\mu} d^2$ Stokes

Fuente: Linsley, E. Franzini, J.

Tabla 14-3: Propiedades físicas del agua a distintas temperaturas

Temperatura (°C)	Peso específico (KN/m³)	Densidad (Kg/m³)	Viscosidad dinámica (N.s/m²)	Viscosidad cinemática (m²/s)
0	9,805	999,8	1,781. 10 ⁻³	1,785. 10 ⁻⁶
5	9,807	1000,0	1,518. 10 ⁻³	1,519. 10 ⁻⁶
10	9,804	999,7	1,307. 10 ⁻³	1,309. 10 ⁻⁶
15	9,798	999,1	1,139. 10 ⁻³	1,139. 10 ⁻⁶
20	9,789	998,2	1,102. 10 ⁻³	1,003. 10 ⁻⁶
25	9,777	997,0	0,890. 10 ⁻³	0,893. 10 ⁻⁶
30	9,764	995,7	0,708. 10 ⁻³	0,800. 10 ⁻⁶
40	9,730	992,2	0,653. 10 ⁻³	0,658. 10 ⁻⁶
50	9,689	988,0	0,547. 10 ⁻³	0,553. 10 ⁻⁶
60	9,642	983,2	0,466. 10 ⁻³	0,474. 10 ⁻⁶
100	9,399	958,4	0,282. 10 ⁻³	0,294. 10 ⁻⁶

Fuente: <http://www.miliarium.com/Paginas/Prontu/Tablas/Aguas/PropiedadesFisicasAgua.htm>

- **Cálculo de la Velocidad de Sedimentación**

$$V_s = \frac{g(\rho_a - \rho)}{18\mu} d^2$$

Ecuación 20

Datos:

V_s : Velocidad de sedimentación (cm/s)

ρ_a : Densidad de la arena (2,65g/cm³)

ρ : Densidad del agua a 20°C (1g/cm³). Tabla 14-3

d : Diámetro de la partícula: 0,01cm. Tabla 13-3

μ : Viscosidad cinemática del agua a 20°C: 0,0101cm²/s. Tabla 14-3

$$V_s = \frac{980 \text{ cm/s}^2 (2,65 \text{ g/cm}^3 - 1 \text{ g/cm}^3)}{18(0,0101 \text{ cm}^2/\text{s})} (0,01 \text{ cm})^2$$

$$V_s = 0,89 \text{ cm/s}$$

- **Cálculo del número de Reynolds (N_{Re})**

Procedemos a calcular el número de Reynolds (adimensional), se calcula mediante la ecuación.

$$N_{Re} = \frac{V_s \times \rho \times d}{\mu}$$

Ecuación 21

Datos:

V_s : Velocidad de sedimentación (m/s)

ρ : Densidad del agua a 20°C. Tabla 14-3

d : Diámetro de la partícula. Tabla 13-3

μ : Viscosidad cinemática del agua a 20°C. Tabla 14-3

$$N_{Re} = \frac{0,89 \times 1 \times 0,01}{0,0101}$$

$$N_{Re} = 0,88$$

- **Cálculo del coeficiente de arrastre C_D**

Una vez obtenido el Numero de Reynolds, el coeficiente de arrastre C_D será calculando por la ecuación.

$$C_D = \frac{24}{N_{Re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{Re}}} + 0,34$$

Ecuación 22

$$C_D = \frac{24}{0,88} + \frac{3}{\sqrt{0,88}} + 0,34$$

$$C_D = 30,81$$

- **Cálculo de tiempo de Retención**

Tabla 15-3: Diseño para desarenadores rectangulares de flujo horizontal

Característica	Unidad	Intervalo	Valor usual
Tiempo de retención para caudal pico	min	2 – 5	3
Dimensiones:			
Profundidad	m	2 – 5	3
Longitud	m	7,5 – 20	12
Ancho	m	2,5 – 7	3,5
Relación Ancho – Profundidad	razón	1:1 a 5:1	1,5:1
Relación Largo – Ancho	Razón	3:1 a 5:1	4:1

Fuente: Metcalf & Eddy Incorporated, 2009

$$t = \frac{H}{V_s}$$

Ecuación 23

Dónde:

t : Tiempo de retención (s)

H: Profundidad de sedimentación (cm). Tabla. 15-3

V_s: Velocidad de sedimentación (cm/s)

$$t = \frac{200\text{cm}}{0,89\text{ cm/s}}$$

$$t = 224,72\text{ s} \cong 3,74\text{ min}$$

- **Cálculo del periodo de Retención**

Este viene dado por el coeficiente de remoción de deposito y el tiempo de retención.

$$a = K \times t$$

Ecuación 24

Dónde:

a: Periodo de retención (s)

K: Coeficiente de remoción de depósito para depósitos con buenos deflectores. Tabla. 16-3

t : Tiempo de retención (s)

Tabla 16-3: Remoción de depósitos

Condiciones	Remoción		
	50%	75%	87½%
1. Máximo teórico	0,500	0,750	0,875
2. Depósitos con muy buenos deflectores	0,730	1,520	2,370
3. Depósitos con buenos deflectores	0,760	1,660	2,750
4. Depósitos con deflectores deficientes o sin ellos	1,00	3,00	7,00

Fuente: Weston & Bogert

$$a = 2,75 \times 224,72s$$

$$a = 617,98 s$$

$$a = 10,30 min$$

- **Cálculo de la Capacidad del Desarenador**

Viene dada por la siguiente Ecuacion:

$$C = Q \times a$$

Ecuación 25**Dónde:****C:** Capacidad del desarenador (m³)**Q:** Caudal (L/s)**a:** Periodo de retención (s)

$$C = 0,091 m^3/s \times 618 s$$

$$C = 56,24 m^3$$

- **Cálculo de la superficie del Desarenador**

Se calcula por la siguiente ecuación

$$As = \frac{C}{H}$$

Ecuación 26**Dónde:****H:** profundidad útil. Tabla 15-3**C:** capacidad del desarenador (m³)**As:** superficie del desarenador (m²)

$$As = \frac{56,24 m^3}{2m}$$

$$As = 28,12m^2$$

- **Cálculo de las dimensiones del Desarenador**

Para deducir las dimensiones del desarenador acorde a la relacion largo y ancho, se tiene las siguientes expresiones.

$$B = \sqrt{\frac{As}{2}}$$

Ecuación 27

$$B = \sqrt{\frac{28,12m^2}{2}}$$

$$B = 3,75 \text{ m} \cong 4 \text{ m}$$

$$\frac{L}{B} = 2$$

$$L = 7,5 \text{ m} \cong 8 \text{ m}$$

Dónde:

B: Ancho del desarenador (m)

L: Longitud del desarenador (m)

As: Superficie del desarenador (m²)

- **Cálculo del area Total del Desarenador**

$$A_T = B \times L$$

Ecuación 28

Dónde:

B: Ancho del desarenador (m)

L: Longitud del desarenador (m)

A_T: Área total del desarenador (m²)

$$A_T = 4m \times 8m$$

$$A_T = 32 \text{ m}^2$$

- **Cálculo del volumen del Desarenador**

$$V = B \times L \times H$$

Ecuación 29

Dónde:

V: Volumen del desarenador (m³)

B: Ancho del desarenador (m). Tabla 15-3

L: Longitud del desarenador (m). Tabla 15-3

H: Altura del desarenador (m). Tabla 15-3

$$V = 3 \text{ m} \times 16 \text{ m} \times 3,5 \text{ m}$$

$$V = 168 \text{ m}^3$$

- **Cálculo de la carga Hidráulica**

Esta viene dada por la relacion que se da entre el caudal y la superficie del desarenador, por lo que:

$$q = \frac{Q}{As}$$

Ecuación 30

Dónde:

q : Carga hidráulica ($m^3/m^2/día$)

Q : Caudal (L/s)

As : Superficie del desarenador (m^2)

$$q = \frac{0,091m^3/s}{28,12m^2}$$

$$q = 3,24 \cdot 10^{-3}m^3/m^2/s$$

$$q = 279,60m^3/m^2/día$$

- **Cálculo del caudal por línea del desarenador**

El caudal a tratar por linea del desarenador se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_o = \frac{Q_p}{N_{unidades}}$$

Ecuación 31

Dónde:

Q_o : Caudal por línea del desarenador (m^3/s)

Q_p : Caudal punta (m^3/s)

$N_{unidades}$: Número de unidades: 1

$$Q_o = \frac{0,091 m^3/s}{1}$$

$$Q_o = 0,091 m^3/s$$

- **Cálculo de la Velocidad Horizontal**

$$V_h = \frac{Q_o}{As}$$

Ecuación 32

Dónde:

V_h : Velocidad horizontal (m/s)

Q_o : Caudal por línea del desarenador (m^3/s)

A_s : Superficie del desarenador (m^2)

$$V_h = \frac{0,091 \frac{m^3}{s}}{28,12m^2}$$

$$V_h = 0,0032 \text{ m/s}$$

- **Cálculo del Tirante sobre el vertedero**

Para calcular el tirante sobre el vertedero de salida se aplica la ecuación de Francis:

$$h_v = \left(\frac{Q_0}{1,84 \times B} \right)^{2/3}$$

Ecuación 33

Dónde:

h_v : Tirante sobre el vertedero de salida (m)

Q_0 : Caudal por línea del desarenador (m^3/s)

B : Ancho (m)

$$h_v = \left(\frac{0,091 \frac{m^3}{s}}{1,84 \times 3m} \right)^{2/3}$$

$$h_v = 0,065 \text{ m}$$

3.2.2.3.4 Diseño del canal parshall

La canaleta Parshall permite medir el caudal de agua residual que ingresa diariamente a la planta con el fin de poder llevar una medición y a su vez un mejor control de los procesos.

- **Ancho de la garganta**

Se determina el ancho del Canal Parshall para un caudal de 81,9L/s (a razón de que el caudal de punta 91 L/s sale con una pérdida del 10% del desarenador). Tomando de la tabla 17-3, tenemos que W es igual a.

$$W = 0,152m$$

Tabla 17-3: Determinación de W de la canaleta de Parshall en función del caudal

Ancho W Pulgadas	Límites de caudal (L/s)	
	Q Mínimo	Q Máximo
1"	0,28	5,67
2"	0,57	14,15
3"	0,85	28,31
6"	1,42	110,44
9"	2,58	252,00
12"	3,11	455,90
18"	4,24	696,50

24"	11,90	937,30
36"	17,27	1.427,20
48"	36,81	1.922,70
60"	45,31	2.424,00
72"	73,62	2.931,00

Fuente: ROMERO, Teoría y Principios de Diseño, 2008

- Cálculo de la altura de flujo de agua

Tabla 18-3: Valores de K y n

Ancho de la Garganta Parshall (w)		K	N
Pulgadas- Pies	Metros		
3"	0.075	3.704	0.646
6"	0.152	1.842	0.636
9"	0.2290	1.486	0.633
1"	0.305	1.276	0.657
1 ½"	0.460	0.966	0.650
2"	0.610	0.795	0.645
3"	0.915	0.608	0.639
4"	1.22	0.505	0.634
5"	1.525	0.436	0.630
6"	1.83	0.389	0.627

Fuente: CEPIS. (1992)

$$H_o = K \times Q_{punta}^n$$

Ecuación 34

Dónde:

K: Constante adimensional. Tabla 18-3

Q: Caudal punta: (m³/s)

n: Constante adimensional. Tabla 18-3

$$H_o = 1,842 \times (0,0819 \text{ m}^3/\text{s})^{0,627}$$

$$H_o = 0,38\text{m}$$

- Cálculo de la altura de la cresta (Ha)

$$Ha = \frac{1}{Q^{1,570 \times 0,340^{0,026}}} \times \frac{1}{(0,372 \times W)^{1,570 \times W^{0,026}}} \times 3,281$$

Ecuación 35

Dónde:

Q: Caudal de diseño (m³/s)

W: Ancho de la garganta (m). Tabla 17-3

$$Ha = \frac{0,0819 \frac{1}{1,570 \times 0,340^{0,026}}}{(0,372 \times 0,152) \frac{1}{1,570 \times 0,152^{0,026}} \times 3,281}$$

$$Ha = 0,40 \text{ m}$$

- Cálculo de la altura de garganta (Hb)

$$Hb = S \times Ha$$

Ecuación 36

Dónde:

Ha: Altura de agua de la cresta

S: Sugerencia máxima. Tabla 19-3

$$Hb = 0,600 \text{ m/m} \times 0,40 \text{ m}$$

$$Hb = 0,24 \text{ m}$$

Tabla 19-3: Parámetros para el ancho de la garganta

Ancho de la garganta (W)		Máxima Sugerencia (Ha/Hb)
Pulgada - pie	M	
3 - 9 pulgadas	0,075 – 0,229	0,600
1 - 8 pies	0,305 – 2,440	0,700
10 – 50 pies	3,050 – 15,250	0,800

Fuente: Comisión Nacional del Agua Manual De Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Selección e Instalación de Equipos de Macromedición. México 2007

- Cálculo de pérdida de carga

$$p = \frac{5,072}{(W + 4,570)^{1,460}} (1 - S)^{0,720} \times Q^{0,670}$$

Ecuación 37

Dónde:

Q: Caudal de diseño: (m³/s)

W: Ancho de la garganta: (m)

S: Sumergencia máxima: (m/m)

$$p = \frac{5,072}{(0,152 + 4,570)^{1,460}} (1 - 0,600)^{0,720} \times 0,0819^{0,670}$$

$$p = \frac{5,072}{(0,152 + 4,570)^{1,460}} \times 0,096$$

$$p = 0,05 \text{ m}$$

- **Cálculo de la velocidad en la sensación de medición**

$$V_0 = \frac{Q}{H_0 \times D^1}$$

Ecuación 38

Dónde:

H_0 : Altura de agua en la sensación de medición (m)

Q : Caudal de agua

D : Ancho de la sensación de medición: 0,403m (valor asumido E.P-EMAPAG).

$$V_0 = \frac{0,0819 \text{ m}^3/\text{s}}{0,38 \text{ m} \times 0,403^1}$$

$$V_0 = 0,53 \text{ m/s}$$

- **Cálculo de la Carga hidráulica disponible**

$$E_0 = \frac{V_0^2}{2g} + H_0 + N$$

Ecuación 39

Dónde:

V_0 : Velocidad en la sensación de medición

g : Gravedad

H_0 : Altura de agua en la sensación de medición

N : Dimensiones de la canaleta. Tabla 19-3

Tabla 20-3: Dimensiones estandarizadas del canal Parshall

W		A	B	C	D ¹	E	F	G	K ₁	N
Pulg-Pie	Cm	cm	cm	Cm	Cm	Cm	Cm	cm	cm	cm
1'	2.5	36.3	35.6	9.3	16.8	22.9	7.6	20.3	1.9	2.9
3'	7.6	46.6	45.7	17.8	25.9	45.7	15.2	30.5	2.5	5.7
6'	15.2	61.0	61.0	39.4	40.3	61.0	30.5	61.0	7.6	11.4
9'	22.9	88.0	86.4	39.0	57.5	76.3	30.5	45.7	7.6	11.4
1'	30.5	137.2	134.4	61.0	84.5	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
1 ½'	45.7	144.9	142.0	76.2	102.6	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
2'	61.0	152.5	149.6	91.5	120.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
3'	91.5	167.7	164.5	122.0	157.2	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
4'	122.0	183.0	179.5	152.5	193.8	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
5'	152.3	198.3	194.1	183.0	230.3	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
6'	183.0	213.5	209.0	213.0	266.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
7'	213.5	228.8	224.0	244.0	303.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
8'	244.0	244.0	239.2	174.5	340.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
10'	305	274.5	427.0	366.0	475.9	475	91.5	183.5	15.3	34.3

Fuente: CEPIS. (1992)

$$E_o = \frac{0,53^2}{2 \times 9,8} + 0,38 + 0,114$$

$$E_o = 0,50 \text{ m}$$

3.2.2.3.4.1 Cálculo de la Dosificación de Productos Químicos

Se Tomo 4mL de PAC y se aforo en 100 mL de agua

$$\frac{4\text{mL}}{10\text{ml}} \times \frac{2,5 \text{ mg PAC}}{\text{mL}} \times \frac{1000\text{mL}}{1\text{L}} = 100\text{ppm} \text{ (C}_1\text{)}$$

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

Ecuación 40

$$C_2 = \frac{100\text{ppm} \times 40\text{mL}}{1000\text{mL}}$$

$$C_2 = 4\text{ppm}$$

$$4 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{\text{Kg}}{1000\text{g}} \times \frac{1\text{g}}{1000\text{mg}} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ Kg/L}$$

$$\frac{\text{Kg}}{\text{dia}} = C_2 \times Q_p$$

Ecuación 41

$$\frac{\text{Kg}}{\text{dia}} = 4 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Kg}}{\text{L}} \times 91 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

$$\frac{\text{Kg}}{\text{dia}} = 3,64 \cdot 10^{-4} \frac{\text{Kg}}{\text{s}}$$

$$3,64 \cdot 10^{-4} \frac{\text{Kg}}{\text{s}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1\text{h}} \times \frac{24\text{h}}{1\text{dia}} = 31,44 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}}$$

- **Dosificación de Auxiliar de coagulación (Chemfloc N-100)**

Se peso 0,8mg de Chemfloc y se aforo a 1L, entonces tenemos una concentracion de 0,8 ppm

$$\frac{0,8\text{mg}}{0,016\text{mg}} = X \quad \frac{1000\text{ml}}{20\text{mL}}$$

Ecuación 42

$$0,016\text{mg} \xrightarrow{\hspace{1cm}} 0,02\text{L}$$

$$6,28 \text{ Kg/dia} \simeq 72,8 \text{ mg/s} = X \xleftarrow{\hspace{1cm}} 91\text{L/s}$$

3.2.2.3.5 Diseño del Tanque Mezclador Rápido

El mezclador rápido es específico para el tratamiento de aguas residuales, se puede controlar la velocidad de agitación, es menos costoso, ocupa menos espacio, es más funcional.

Tabla 21-3: Datos para el dimensionamiento del tanque mezclador rápido

Parámetros	Datos	Unidades	Expresión
Caudal de diseño	0,0819	m ³ /s	Q
Tiempo de retención	37		Trh
Temperatura promedio del agua	15	°C	T
Gradiente de velocidad	1000	s ⁻¹	G
Volumen proveniente del sedimentador	9	m ³	V
Relación de geometría	$\frac{DT}{D} = 3$		a
Relación de geometría	$\frac{H}{D} = 3,5$		b
Viscosidad dinámica	$1,139 \cdot 10^{-3}$	N·s/m ²	<i>u</i>
Número de potencia	6,3		K
Densidad del agua	999,19	kg/ m ³	ρ

Fuente: Programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992. ROBERT, Mott, 2013

- Cálculo del volumen del tanque.

$$V_{TM} = Q_p \times Trh$$

Ecuación 43

Dónde:

Q: Caudal de diseño

Trh: Tiempo de retención hidráulica

$$V_{TM} = 0,0819 \text{ m}^3/\text{s} \times 7\text{s}$$

$$V_{TM} = 0,57 \text{ m}^3$$

Para el diseño se emplea el volumen proveniente del desarenador 56,24 m³, ya que el volumen calculado es sumamente bajo y no abastecería la demanda del agua.

- Cálculo del diámetro de la cámara de mezcla

Se toma en cuenta las relaciones geométricas a y b, establecida en el criterio de construcción.

$$DT = \sqrt[3]{\frac{4 \times V \times a}{\pi \times b}}$$

Ecuación 44

Dónde:

DT: Diámetro de la cámara de mezcla (m)

V: Volumen (m³)

a: Relación de geometría, adimensional. Tabla 21-3

b: Relación de geometría, adimensional. Tabla 21-3

$$DT = \sqrt[3]{\frac{4 \times 56,24 \text{ m}^3 \times 3}{\pi \times 3,5}}$$
$$DT = 3,94 \text{ m}$$

Se debe establecer el valor de la altura de la cámara de mezcla.

$$H = b \times \frac{DT}{a}$$

Ecuación 45

$$H = 3,5 \times \frac{3,94}{3}$$
$$H = 4,59 \text{ m}$$

Dónde:

DT: Diámetro de la cámara de mezcla (m)

a: Relación de geometría, adimensional ($\frac{DT}{D} = 3$). Tabla 21-3

b: Relación de geometría, adimensional ($\frac{H}{D} = 3,5$). Tabla 21-3

- **Cálculo del diámetro de la turbina**

Por lo general el diámetro de una turbina es 1/3 del diámetro total.

$$D = \frac{DT}{a}$$

Ecuación 46

$$D = \frac{3,94}{3}$$
$$D = 1,31 \text{ m}$$

Dónde:

DT: Diámetro de la cámara de mezcla (m)

a: Relación de geometría, adimensional

D: Diámetro de la turbina (m)

- **Cálculo de la anchura de los deflectores**

$$Wd = \frac{D}{10}$$

Ecuación 47

Dónde:

Wd: Anchura de los deflectores (m)

D: Diámetro de la turbina (m)

$$Wd = \frac{1,31}{10}$$

$$Wd = 0,13 \text{ m}$$

- **Cálculo de las dimensiones de las paletas**

Se debe tener en cuenta tanto la longitud como la altura de los deflectores, para lo cual se utiliza la ecuación.

$$B = \frac{D}{4}$$

Ecuación 48

$$B = \frac{1,31}{4}$$

$$B = 0,32 \text{ m}$$

Dónde:

B: Longitud de la paleta (m)

D: Diámetro de la turbina (m)

Wd: Alto de la paleta (m)

$$Wd = \frac{D}{10}$$

Ecuación 49

$$Wd = \frac{1.31}{10}$$

$$Wd = 0,131 \text{ m}$$

- **Cálculo de la potencia aplicada al agua residual**

La clave es la potencia ya que influye mucho en el número de revoluciones, determinando la eficiencia del proceso de tratamiento.

$$P = u \times v \times G^2$$

Ecuación 50

Donde

P: Potencia (Watt)

u: Viscosidad dinámica (N. s/ m³). Tabla 23-3

v: Viscosidad cinemática (m²/s) a 20 °C. Tabla 23-3

G²: Gradiente de velocidad (s⁻¹). Tabla 22-3

$$P = 1,102 \cdot 10^{-3} \times 56,24 \text{ m}^3 \times (1000 \text{ s}^{-1})^2$$

$$P = 61976,48 \text{ Watt}$$

Tabla 22-3: Parámetros de diseño del tanque mezclador rápido

Parámetro	Medida
Gradiente de velocidad (s ⁻¹)	500-1000
Tiempo de retención	1-7 s

Fuente: Programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992

Tabla 23-3: Densidad y viscosidad del agua a distintas temperaturas

Temperatura (°C)	Densidad (kg/m³)	Viscosidad Dinámica (N·s/m²)	Viscosidad cinemática cm²/s
15	999,19	1,139·10 ⁻³	
16	999,03		
17	999,86		
18	999,68		
20	999,49	1,102·10 ⁻³	0,0101

Fuente: ROBERTH, 2013

- **Cálculo de la velocidad de Rotación**

Este valor influye en el proceso de coagulación y floculación.

$$N = \sqrt[3]{\frac{P}{K \times \rho \times D^5}}$$

Ecuación 51**Dónde:****N:** Velocidad de rotación (rpm)**P:** Potencia (Watt)**K:** Numero de potencia (adimensional)**ρ:** Densidad del agua (Kg/m³). Tabla 23-3**D:** Diámetro de la turbina (m)

$$N = \sqrt[3]{\frac{61976,48 \text{ Watt}}{6,3 \times 999,97 \text{ Kg/m}^3 \times (1,31 \text{ m})^5}}$$

$$N = 1,59 \frac{rev}{seg}$$

$$N = 95,81 \text{ rpm}$$

Tabla 24-3: Número de potencia para diferentes tipos de impulsores

Impulsor	Nº de potencia k
Hélice pinch cuadrada, 3 aletas	0,32
Hélice pinch 2, 3 aletas	1,0
Turbina, 6 aletas planas	6,3
Turbina, 6 aletas curvas	4,8
Turbina, 6 aletas punta de flecha	4,0
Turbina ventilador, 6 aletas	1,65

Fuente: Programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992

- **Cálculo del espesor de las paletas del impulsor**

$$q = \frac{D}{5}$$

Ecuación 52

Dónde:

q: Ancho de las paletas del impulsor (m)

D: Diámetro de la turbina (m)

$$q = \frac{1,31}{5}$$

$$q = 0,26 \text{ m}$$

- **Cálculo del diámetro del disco central**

$$S = \frac{DT}{4}$$

Ecuación 53

Dónde:

S: Diámetro del disco central (m)

DT: Diámetro de la cámara de mezcla (m)

$$S = \frac{3,94}{4}$$

$$S = 0,99 \text{ m}$$

- **Cálculo de la altura del impulsor respecto al fondo del tanque**

$$h = \frac{D}{1}$$

Ecuación 54

Dónde:

h: Altura del impulsor respecto al fondo del tanque (m)

D: Diámetro de la turbina (m)

$$h = \frac{1,31}{1}$$

$$h = 1,31 \text{ m}$$

3.2.2.3.6 *Diseño del lecho de Secado*

- **Cálculo de la carga de sólidos en suspensión**

La contribución per cápita es la cantidad generada de sólidos suspendidos por habitante-día. Por caracterización del agua se tiene que los Ss = 40 mg/L, y un caudal punta de 7936 m³/día.

$$40 \frac{mg}{L} \times \frac{1}{9605 \text{ hab}} \times \frac{7936 \text{ m}^3}{1 \text{ día}} \times \frac{1000L}{\text{m}^3} \times \frac{1g}{1000mg} = 33,05 g_{ss}/\text{hab. día}$$

Tabla 25-3: Parámetros de diseño para lechos de secado

Parámetro	Simbología	Unidad	Intervalo
Porcentaje de sólidos en el lodo	% de lodos	%	10 – 15
Densidad del lodo	ρ_{lodo}	kg/l	1,2 – 1,3
Tiempo de retención	Tr	días	30 – 90
Altura del lodo	Ha	m	0,20-0,40
Ancho de era	B	m	-

Fuente: Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000

- **Cálculo de la carga de sólidos en suspensión**

En función de la contribución per cápita.

$$C = \frac{P_f \times Per}{1000}$$

Ecuación 55

Dónde:

P_f : Población futura, 9605 habitantes

$$C = \frac{9605 \text{ hab} \times 33,05 g_{ss}/\text{hab. día}}{1000}$$

$$C = 317,44 \text{ Kg}_{ss}/\text{día}$$

- **Cálculo de la masa de los sólidos que conforman los lodos**

$$M_{sd} = (0,5 \times 0,7 \times 0,5 \times C) + (0,5 \times 0,3 \times C)$$

Ecuación 56

$$M_{sd} = (0,5 \times 0,7 \times 0,5 \times 317,44) + (0,5 \times 0,3 \times 317,44)$$

$$M_{sd} = 103,168 \text{ Kg}_{ss}/\text{día}$$

- **Cálculo del volumen diario de lodos digeridos**

Se toma los datos recomendados de la densidad del lodo de 1,3Kg/L y del porcentaje del sólido en el lodo del 12% de la Tabla 25-3.

$$V_{DL} = \frac{M_{sd}}{\rho_{\text{lodo}} \left(\frac{\% \text{sólidos}}{100} \right)}$$

Ecuación 57

Dónde:

M_{sd} : Masa de sólidos suspendidos (KgSs/día)

ρ_l : Densidad del lodo (Kg/L). Tabla 25-3

$\% \text{ sólidos}$: Porcentaje del sólido en el lodo. Tabla 25-3

$$V_{DL} = \frac{103,168 Kg_{ss}/día}{1,03 Kg/L \left(\frac{12}{100} \right)}$$

$$V_{DL} = 826,67 \text{ kg/L}$$

- Cálculo del volumen de lodos a extraerse de la cámara de digestión

$$V_{LE} = \frac{V_{LD} \times t_{DE}}{1000}$$

Ecuación 58

Dónde:

V_{LE} : Volumen de lodos a extraerse desde la cámara de digestión (m^3)

V_{LD} : Volumen diario de lodos digeridos (L/día)

t_{DE} : Tiempo de retención, tabla 24-3 (40 días)

$$V_{LE} = \frac{826,67 \text{ kg/L} \times 40 \text{ días}}{1000}$$

$$V_{LE} = 33,06 \text{ m}^3 \cong 33 \text{ m}^3$$

- Cálculo del área del lecho de secado

$$A_{LS} = \frac{V_{LE}}{H_d}$$

Ecuación 59

Dónde:

H_d : profundidad de lodo que va a depositarse en el lecho de secado: 0,40 m según OPS/CEPIS/05.163

$$A_{LS} = \frac{33 \text{ m}^3}{0,40 \text{ m}}$$

$$A_{LS} = 82,5 \text{ m}^2$$

- Cálculo de la longitud del lecho de secado

$$L_{LS} = \frac{A_{LS}}{b_{LS}}$$

Ecuación 60

Dónde:

b_{LS} : ancho del lecho de secado: 5 m según OPS/CEPIS/05.163

$$L_{LS} = \frac{82,5 \text{ m}^2}{5 \text{ m}}$$

$$L_{LS} = 16,5 \text{ m}$$

- **Cálculo del volumen del lecho destinado a la descarga de lodos**

$$V_{TL} = L_{LS} \times b_{LS} \times H_d$$

Ecuación 61

$$V_{TL} = 16,5 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 0,40 \text{ m}$$

$$V_{TL} = 33 \text{ m}^3$$

- **Cálculo del intervalo de tiempo para desalojar el lodo**

$$T_{DL} = \frac{V_{TL}}{Q_p}$$

Ecuación 62

$$T_{DL} = \frac{14,4 \text{ m}^3}{330,67 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$T_{DL} = 0,09 \text{ h} \cong 324 \text{ s}$$

3.2.2.3.7 Diseño del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)

Conformado por un tanque relleno con un medio sólido, que soporta el crecimiento biológico anaerobio, donde las bacterias quedan suspendidas.

Tabla 26-3: Criterios de Diseño del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)

Parámetro	Rango	Unidad
Ancho	0.85 – 5.40	m
Carga orgánica	1 – 30	Kg DQO/m ³ d
Distancia entre orificios de entrada	1 – 2	m
Edad de lodos	0.5 – 5	Días
Profundidad media soporte	No menor a 1.2	m
Profundidad útil	No menor a 1.80	m
Salida del efluente	No menor a 30 sobre el lecho	Cm
Tiempo de retención	6 – 36	h
Velocidad del flujo	< 10	m/días
Volumen útil mínimo	No menor a 1.25	m ³

Fuente: Norma Brasileira ABNT

- **Cálculo del volumen del filtro**

Se considera 4 unidades de filtración. A cada unidad del Filtro FAFA ingresa un caudal de $61,42 \text{ m}^3/\text{h}$

$$V_f = Q \times Tr$$

Ecuación 63

Dónde:

V_f : Volumen del filtro (m^3)

Q : Caudal (m^3 / día) (91 L/s caudal de punta con el menos $25\% = 68,25 \text{ L/s} = 245,70 \text{ m}^3/h$)

Tr : Tiempo de retención hidráulico ($6h$). Tabla 26-3

$$V_f = 61,42 \text{ m}^3/h \times 6h$$

$$V_f = 368,52 \text{ m}^3$$

- **Cálculo del área horizontal del filtro**

$$A_f = \frac{V_f}{H_u}$$

Ecuación 64

Dónde:

A_f : Área horizontal del filtro (m^2)

V_f : Volumen del filtro (m^3)

H_u : Profundidad útil del filtro: 4 m (Dato propuesto por la Dirección Técnica de la EP-EMAPAG, utilizado en otras plantas de tratamiento del Cantón.)

$$A_f = \frac{368,52 \text{ m}^3}{4 \text{ m}}$$

$$A_f = 92,13 \text{ m}^2 \text{ (para cada unidad)}$$

- **Cálculo de la longitud del filtro**

$$L = \frac{A_f}{b}$$

Ecuación 65

Dónde:

L : Longitud del filtro (m)

A_f : Área horizontal del filtro (m^2)

b : Ancho del filtro (m). Tabla 26-3

$$L = \frac{92,13 \text{ m}^2}{5,40 \text{ m}}$$

$$L = 17 \text{ m (para la construcción de cada unidad)}$$

- **Cálculo de la altura total del filtro**

$$H_{Tf} = H_u + 0,30$$

Ecuación 66

Dónde:

H_{Tf} : Altura total del filtro (m)

H_u : Profundidad útil del filtro (m)

$$H_{Tf} = 4m + 0,30$$

$$H_{Tf} = 4,30 \text{ m}$$

3.2.2.3.8 Diseño del Tanque de Cloración

Las aguas residuales no tratadas causan un impacto en el ambiente, salud y seguridad. Por lo cual la desinfección es un mecanismo usado para desactivar o destruir a los organismos patógenos presentes en las aguas.

- **Cálculo del volumen del tanque de cloración**

Para el proceso de desinfección se emplea el diseño del tanque de cloración, calculando el volumen con la siguiente expresión:

$$V_{Cl} = Q \times T_r$$

Ecuación 67

Dónde:

V_{Cl} : Volumen del tanque de cloración (m^3)

Q : Caudal: $278,46 \text{ m}^3/\text{h} \approx 0,07 \text{ m}^3/\text{s}$

T_r : Tiempo de retención: 1800s - Sugerido por la Dirección Técnica de la EP-EMAPAG.

$$V_{Cl} = 0,07 \text{ m}^3/\text{s} \times 1800 \text{ s}$$

$$V_{Cl} = 126 \text{ m}^3$$

- **Cálculo de la altura del tanque**

Para el diseño de la altura se utilizará el parámetro de diseño establecido por Muñoz Balarezo, demanda de cloro para aguas en 1992.

$$\text{Área} = 9 \times 5 = 45 \text{ m}^2$$

$$H_{tanque} = \frac{V_{Cl}}{A}$$

Ecuación 68

Dónde:

H_{tanque} : Altura del tanque (m)

V_{Cl} : Volumen del tanque (m^3)

A : Área (45 m^2)

$$H_{tanque} = \frac{126 \text{ m}^3}{45 \text{ m}^2}$$

$$H_{tanque} = 2,8 \text{ m}$$

3.2.2.3.8.1 Dosificación del Desinfectante

• Dosis de Hipoclorito de calcio (HTH) para la preparación de la solución madre

Tabla 27-3: Dosis para diversas aplicaciones de la cloración en la recogida, tratamiento y evacuación del agua residual.

Aplicación	Intervalo de dosis (mg/l)
Red de acantarillados:	
• Control de corrosión (H ₂ S)	2-9 ⁴
• Control de olores	2-9 ⁴
• Control de crecimiento de películas biológicas	1-10
Tratamiento:	
• Reducción de DBO	0,5-26
• Control de espumas en digestores y tanques Imhoff	2-15
• Control de moscas en los filtros	0,1-0,5
• Control de la inundación en los filtros	1-10
• Eliminación de grasas	2-10
Evacuación (desinfección):	
• Agua residual (precloración)	6-25
• Efluente primario	5-20
• Efluente del proceso de precipitación química	2-6
• Efluente de plantas de filtros percoladores	3-15
• Efluente del proceso de fangos activados	2-8

Fuente: <http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/COLORO.pdf>

$$D_{HTH} = 0,012 \times Q \times C$$

Ecuación 69

Dónde:

D_{HTH} : Dosis de hipoclorito de calcio (lb/día)

$0,012$: Constante adimensional

Q : Caudal (77,35 m³/h \cong 1226, 16 gal/min)

C : Concentración de hipoclorito de calcio (mg/L). Tabla 27-3

$$D_{HTH} = 0,012 \times \frac{1226,16 \text{ gal}}{\text{min}} \times 6 \text{ mg/L}$$

$$D_{HTH} = 88,28 \frac{\text{Lb}}{\text{dia}}$$

- Cálculo del volumen de agua para diluir el Hipoclorito de calcio (HTH) para la preparación de la solución madre

$$V_{AHTH} = \frac{m_{HTH}}{\rho_{HTH}}$$

Ecuación 70

Dónde:

V_{AHTH} : Volumen de agua para diluir HTH (L)

m_{HTH} : Masa de HTH: $88,28 \text{ Lb} \cong 40127,27 \text{ g}$

ρ_{HTH} : Densidad de HTH: (800 g/L – Especificaciones del fabricante)

$$V_{AHTH} = \frac{40127,27 \text{ g}}{800 \text{ g/L}}$$

$$V_{AHTH} = 50,15 \text{ L}$$

- **Cálculo del volumen de la solución madre**

$$V_{SM} = \frac{V_{AHTH} \times 65\%}{8,5\%}$$

Ecuación 71

Dónde:

V_{SM} : volumen de la solución madre (L)

V_{AHTH} : volumen de agua para diluir HTH (L)

$$V_{SM} = \frac{50,15 \text{ L} \times 65\%}{8,5\%}$$

$$V_{SM} = 383,5 \text{ L}$$

- **Cálculo del volumen de agua requerido para diluir la solución madre**

$$V_2 = \frac{C_1 \times V_1}{C_2}$$

Ecuación 72

Donde:

V_1 : Volumen de la solución madre

C_1 : Concentración de dosificación de hipoclorito de calcio

C_2 : Concentración de hipoclorito de calcio

$$V_2 = \frac{6 \times 383,5}{0,65}$$

$$V_2 = 3540 \text{ L}$$

- **Cálculo del volumen total de la solución**

$$V_T = V_1 + V_2$$

Ecuación 73

Donde:

V_1 : Volumen de la solución madre

V_2 : volumen de agua requerido para diluir la solución madre

$$V_T = 383,5 \text{ L} + 3540 \text{ L}$$

$$V_T = 3923,5 \text{ L}$$

Se asume que V_{SM} es el volumen de la solución por día. La solución por goteo se calcula mediante la siguiente conversión:

$$Goteo = 3923,5 \frac{\text{L}}{\text{día}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$Goteo = 2724,65 \text{ mL/min}$$

3.2.2.3.8.2 Prueba de jarras para la turbiedad

Para realizar las pruebas de jarras se utilizó una solución de Policloruro de aluminio (PAC-25A) y CHEMFLOC N-100, un floculante aniónico con la finalidad de acelerar el proceso de floculación.

Esta prueba se inició con valores de turbiedad de 69,04 NTU como valor mínimo y con un máximo de 70,82 NTU, resultados obtenidos de la caracterización físico-química realizada previamente.

Para la dosificación se preparó soluciones de Policloruro de Aluminio a distintas concentraciones y de la misma manera una solución del auxiliar aniónico, su aplicación se realizó con distintos volúmenes y controlando que las variables de turbiedad, pH, color, observando que se mantengan dentro de las especificaciones de la norma.

A cada una de las jarras se le aplica una dosis diferente de coagulante y se agita por el mismo tiempo. La dosis óptima de coagulante se escoge con base a la jarra que arroje valores más bajos de turbiedad final, color aparente y tamaño de floc.

A continuación se muestran los resultados de la caracterización de la prueba de Jarras:

Tabla 28-3: Resultados de la prueba de jarras para la turbiedad promedio de 69,04 NTU

TURBIEDAD 69.04 NTU, (pH_o=7.64, pH_f=7.12), rpm=200								
Conc. 1 Auxiliar (ppm)	Conc.1 PAC. (ppm)	Conc.2 PAC. (ppm)	Dosis. PAC. (mL)	Dosis. Aux. (mL)	Tiempo for.Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0,80	50	0,5	10	5	1,76	1,23	1,17	98,3
0,80	50	1	20	10	2,23	2,01	1,31	98,1
0,80	50	1,5	30	15	2,1	2,31	1,1	98,4
0,80	50	2	40	20	2,61	3,39	1,24	98,2
0,80	75	0,75	10	5	3,18	4,76	1,38	98
0,80	75	1,5	20	10	3,8	6,46	1,52	97,8
0,80	75	2,25	30	15	4,47	5,37	1,66	97,6
0,80	75	3	40	20	5,21	6,25	1,8	97,4
0,80	100	1	10	5	5,99	7,79	1,93	97,2
0,80	100	2	20	10	6,83	6,15	2,07	97
0,80	100	3	30	15	7,73	6,19	2,21	96,8
0,80	100	4	40	20	1,88	2,83	0,54	99,25
0,80	125	1,25	10	5	3,15	5,67	0,83	98,8
0,80	125	2,5	20	10	4,59	9,63	1,12	98,38
0,80	125	3,75	30	15	6,2	6,82	1,41	97,96
0,80	125	5	40	20	7,98	7,18	1,7	97,54

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P - EMAPA-G

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

En este test de jarras efectuado a las muestras que presentaron una turbiedad de 69,09 NTU se determinó que al dosificar 40ml de PAC a una concentración de 100ppm y 20ml de auxiliar aniónico con una concentración de 0.80ppm, se obtuvo un porcentaje de remoción de 99,25%, con un tiempo de formación del floculo de 1,88 min y un tiempo de caída del floculo de 2,83 min, disminuyendo la turbiedad hasta **0.54 NTU**, siendo este el más óptimo de las pruebas empleados para nuestro tratamiento.

Tabla 29-3: Prueba de jarras para la turbiedad promedio de 70,82 NTU

TURBIEDAD 70.82 NTU, (pHo=7.49, pHf=7.10), rpm=200								
Conc.1 Auxiliar (ppm)	Conc1. PAC (ppm)	Conc2. PAC (ppm)	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec.Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0,8	50	0,5	10	5	2,56	2,81	1,22	98,28
0,8	50	1	20	10	2,9	3,77	1,26	98,22
0,8	50	1,5	30	15	3,26	4,89	1,3	98,16
0,8	50	2	40	20	3,63	6,18	1,35	98,1
0,8	75	0,75	10	5	4,03	7,65	1,39	98,04
0,8	75	1,5	20	10	4,43	9,31	1,43	97,98
0,8	75	2,25	30	15	4,86	2,43	1,47	97,92
0,8	75	3	40	20	5,3	3,71	1,52	97,86
0,8	100	1	10	5	5,76	5,19	1,56	97,8
0,8	100	2	20	10	6,24	6,87	1,6	97,74
0,8	100	3	30	15	2,16	4,31	0,62	99,13
0,8	125	5	40	20	2,69	5,92	0,71	99
0,8	125	1,25	10	5	3,28	7,87	0,8	98,87
0,8	125	2,5	20	10	3,93	6,28	0,89	98,74
0,8	125	3,75	30	15	4,63	8,33	0,98	98,61
0,8	125	5	40	20	5,38	10,23	1,08	98,48

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P - EMAPA-G

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

En este test de jarras efectuado a las muestras que presentaron una turbiedad de 70,82 NTU se determinó que es el más óptimo de las pruebas efectuadas obteniendo un porcentaje de remoción de 99,13%, al dosificar 30ml de PAC a una concentración de 100ppm y 15ml de auxiliar aniónico con una concentración de 0.80ppm, reportando un tiempo de formación del floculo de 2,16 min y un tiempo de caída del floculo de 4,31 min, disminuyendo así la turbiedad a **0.62 NTU**.

3.2.3 Resultados

3.2.3.1 Proyección Futura

Tabla 30-3: Resultados proyección futura

POBLACIÓN PROYECTADA		
Descripción	Unidad	Valor
Población actual 2015	Habitantes	7190
Período de diseño	Años	15
Índice de crecimiento anual	%	1,95
Población futura 2030	Habitantes	9605

Fuente: INEN 2010

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

3.2.3.2 Resultados del Diseño del Sistema de Tratamiento de Agua Residual

Tabla 31-3: Resultados de los caudales para el diseño del sistema de tratamiento

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Dotación de agua consumida	D_c	L/hab·día	344,27
Caudal medio diario	Q_{md}	$m^3/día$	2645,36
Caudal máximo diario	Q_{max}	m^3/h	165,33
Caudal mínimo diario	Q_{min}	m^3/h	33,06
Caudal Punta	Q_P	L/s	91

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

Tabla 32-3: Resultados del dimensionamiento de las rejillas

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Caudal	Q_p	m^3/s	0,091
Velocidad	v	m/s	0,60
Altura libre al paso del agua	A_L	m^2	0,15
Altura del tirante en el canal	ha'	m	0,30
Ancho del canal	b	m	0,50
Longitud de las barras	L_b	m	0,42
Número de barras	N_b	Unidades	13
Separación entre barras	e	m	0,025
Espesor de las barras	s	m	$1,27 \cdot 10^{-2}$
Ángulo de inclinación de las barras	α	°	50

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

Tabla 33-3: Resultados del dimensionamiento del canal rectangular vertedero

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Radio hidráulico	RH	m	0,15
Velocidad media del canal	v	m/s	1,8
Ancho del canal	b	m	0,50
Área de la sección transversal del canal	A	m^2	0,05
Altura máxima del agua en el canal	h	m	0,158
Altura total del canal	H	m	0,45

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

Tabla 34-3: Resultados del dimensionamiento del desarenador

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Velocidad de sedimentación	V_s	cm/s	0,89
Tiempo de Retención	t	s	224,72
Profundidad de sedimentación	H	cm	200
Capacidad del Desarenador	C	m^3	56,24
Superficie del desarenador	A_s	m^2	28,12
Ancho del desarenador	B	m	4
Longitud del desarenador	L	m	8
Área Total del Desarenador	A_T	m^2	32
Volumen del Desarenador	V	m^3	168
Carga hidráulica	Q	$m^3/m^2/día$	279,60
Caudal por línea del desarenador	Q_o	m^3/s	0,091
Velocidad horizontal	V_h	m/s	0,0032

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

Tabla 35-3: Resultados del dimensionamiento del canal Parshall

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Ancho de la garganta	W	m	0,152
Altura de flujo de agua	H _O	m	0,38
Altura de la cresta	H _a	m	0,40
Atura de garganta	H _b	m	0,24
Perdida de carga	p	m	0,05
Velocidad en la sensación de medición	V ₀	m /s	0,53
Carga hidráulica disponible	E _O	m	0,50

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

Tabla 36-3: Resultados del dimensionamiento del tanque mezclador rápido de turbina

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Volumen del tanque mezclador	V _{TM}	m ³	56,24
Tiempo de retención	T _{rh}	s	7
Diámetro de la cámara de mezcla	DT	m	3,94
Profundidad de la cámara de mezcla	H	m	4,59
Diámetro de la turbina	D	m	1,31
Ancho de los deflectores	Wd	m	0,13
Dimensiones de las paletas	B	m	0,32
Potencia aplicada al agua residual	P	watt	61976,48
Velocidad de rotación	N	rpm	95,81
Espesor de las paletas	Q	m	0,26
Diametro del disco central	S	m	0,99

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

Tabla 37-3: Resultados del dimensionamiento del lecho de secado

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Carga de sólidos en suspensión	C	Kgss/día	317,44
Volumen diario de lodos digeridos	V _{DL}	Kg/L	826,67
Área del lecho de secado	A _{LS}	m ²	82,5
Longitud de lecho de secado	L _{LS}	m	16,5
Volumen del lecho	V _{TL}	m ³	33
Profundidad	H _d	m	0,40
Ancho	b _{LS}	m	5
Tiempo desalojo de lodos	T _{DL}	h	0,09

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

Tabla 38-3: Resultados del dimensionamiento del filtro anaeróbico de flujo ascendente

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Volumen del filtro	V _f	m ³	368,52
Tiempo de retención	Tr	h	6
Área horizontal del filtro	A _f	m ²	92,13
Longitud del filtro	L	m	17
Altura total del filtro	H _{Tf}	m	4,3
Profundidad útil del filtro	H _u	m	4
Ancho del filtro	b	m	5,4

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

Tabla 39-3: Resultados del dimensionamiento del tanque de cloración

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Volumen del tanque de cloración	V_{Cl}	m^3	126
Tiempo de retención	T_r	s	1800
Area del tanque de cloración	A	m^2	45
Altura del tanque	H_{tanque}	m	2,8

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

Tabla 40-3: Resultados de la dosificación del desinfectante hipoclorito de calcio (HTH)

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Concentración del Hipoclorito de Calcio	C	mg/L	6
Dosificación HTH	D_{HTH}	Lb/día	88,28
Volumen de agua para diluir el HTH	V_{AHTH}	L	50,15
Volumen de la solución madre	V_{SM}	L	383,5
Dosificación por goteo (por día de tratamiento)	Goteo	mL/min	2724,65

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

3.2.3.3 Resultados de la Caracterización Física-Química y Microbiológica antes y después del tratamiento del agua residual.

Se realizó los análisis físicos-químicos y microbiológicos del agua residual, en el Laboratorio de Control de Calidad “EMAPA-G” para establecer los parámetros que se encuentran fuera de los límites permisibles establecidos en la norma TULSMA, Tabla 10, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. De la misma manera se analizó el agua tratada donde al realizar la caracterización se obtiene los siguientes resultados que se muestran en la tabla 41-3.

La validación del proceso químico propuesto con las dosis obtenidas en la prueba de jarras nos dio una reducción de los parámetros fuera de norma con un porcentaje de remoción del 99,22%, así mismo los porcentajes de remoción de cada uno de los parámetros fueron satisfactorios como: color 99,22%, turbiedad 99,17%, nitrógeno total 93,97%, nitrógeno amoniacal 98,86%, demanda bioquímica de oxígeno 90,87%, demanda química de oxígeno 88,5%, coliformes totales 100% y coliformes fecales 100%.

Tabla 41-3: Caracterización físico – químico y microbiológico de muestra compuesta del agua residual de la descarga al cuerpo receptor.

PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA	NOVIEMBRE		DICIEMBRE		PROMEDIO	
		Lim.Max.Per	Residual	Tratada	Residual	Tratada	RESIDUAL	TRATADA
COLOR	UTC	Ina. en dis	135,00	1,00	123,75	1,00	129,38	1,00
TURBIEDAD	NTU	.....	70,82	0,62	69,04	0,54	69,93	0,58
Ph	.....	6-9	7,49	7,10	7,64	7,12	7,57	7,11
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	700,87	94,63	689,3975	98,76	695,13	96,69
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	130	249,93	40,27	183,605	41,28	216,77	40,78
TEMPERATURA	° C	< 35	19,75	15,97	19,56	15,42	19,65	15,70
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	15,0	21,48	1,20	19,63	1,28	20,55	1,24
FOSFATOS (P-PO ₄ 3 ⁻)	mg/L	10,0	1,625	0,16	1,49	0,14	1,55	0,15
NITROGENO AMONIAICAL (NH ₃ -N)	mg/L	10,0	14,71	0,02	13,34	0,02	14,02	0,02
SULFATOS (SO ₄ 2 ⁻)	mg/L	1000	11,25	11,00	11,5	9,00	11,38	10,00
FLUORUROS (F)	mg/L	5,0	1,95	0,72	1,46	0,60	1,71	0,66
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10,0	11,18	0,30	8,22	0,22	9,70	0,26
MANGANESO (Mn 2 ⁺)	mg/L	2,0	0,119	0,102	0,238	0,142	0,18	0,122
CROMO (Cr +6)	mg/L	0,5	0,128	0,008	0,12	0,007	0,125	0,008
COBRE (Cu)	mg/L	1,0	0,218	0,05	0,20	0,04	0,210	0,05
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	.....	402,50	100,00	440	120,00	421,25	110,00
ALUMINIO (Al +3)	mg/L	5,0	0,030	0,007	0,03	0,008	0,030	0,008
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	1000	133,360	20,170	120,80	0,14	127,078	10,15
NIQUEL (Ni)	mg/L	2,0	0,25	0,20	0,31	0,12	0,28	0,16
COBALTO (Co)	mg/L	0,5	0,28	0,16	0,30	0,23	0,29	0,20
PLOMO (Pb2 ⁺)	mg/L	0,2	0,008	0,006	0,01	0,007	0,008	0,007
ZINC (Zn2 ⁺)	mg/L	5,0	0,46	0,39	0,48	0,37	0,47	0,38
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0,1	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
BARIO (Ba2 ⁺)	mg/L	2,0	1,86	0,92	1,37	1,06	1,61	0,99
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	.....	0,11	0,14	0,19	0,16	0,15	0,15
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	.....	0,80	6,00	0,90	6,50	0,85	6,25
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	965	< 1**	830	< 1**	897,50	< 1**
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	Rem. al 99%	550,5	< 1**	342,5	< 1**	446,50	< 1**
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO ₅)	mg/L	100	242,75	34	458,25	30	350,5	32
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO)	mg/L	200	589	79,80	811,75	81	700,38	80,4

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P - EMAPAG

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

3.2.3.4 Porcentaje de remoción obtenido después del tratamiento

Es fundamental conocer el porcentaje de remoción de cada uno de los contaminantes del agua residual, luego de haber obtenido los resultados del agua tratada, para lo cual se toma como referencia el valor inicial de la caracterización del agua residual no tratada y el valor obtenido después del tratamiento del agua.

Tabla 42-3: Caracterización física del color.

Agua Residual (mg/L)	Agua tratada (mg/L)	% Remoción	Límites Permisibles (UTC)
129,37	1,00	99.22	-----

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

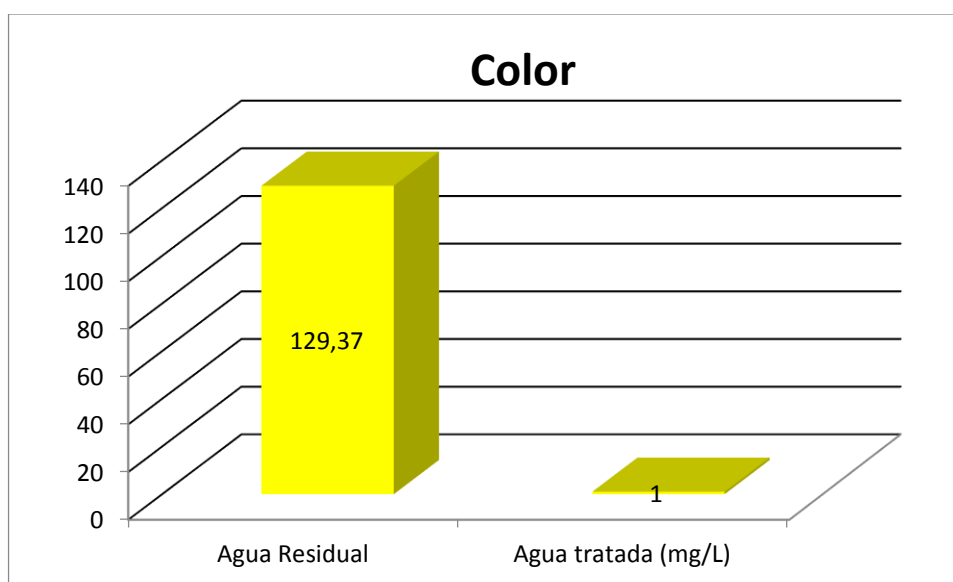


Ilustración 2-3: Disminución del color

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

Tabla 43-3: Caracterización físico de la turbiedad.

Agua Residual (mg/L)	Agua tratada (mg/L)	% Remoción	Límites Permisibles (UTC)
69,93	0,58	99,17	-----

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

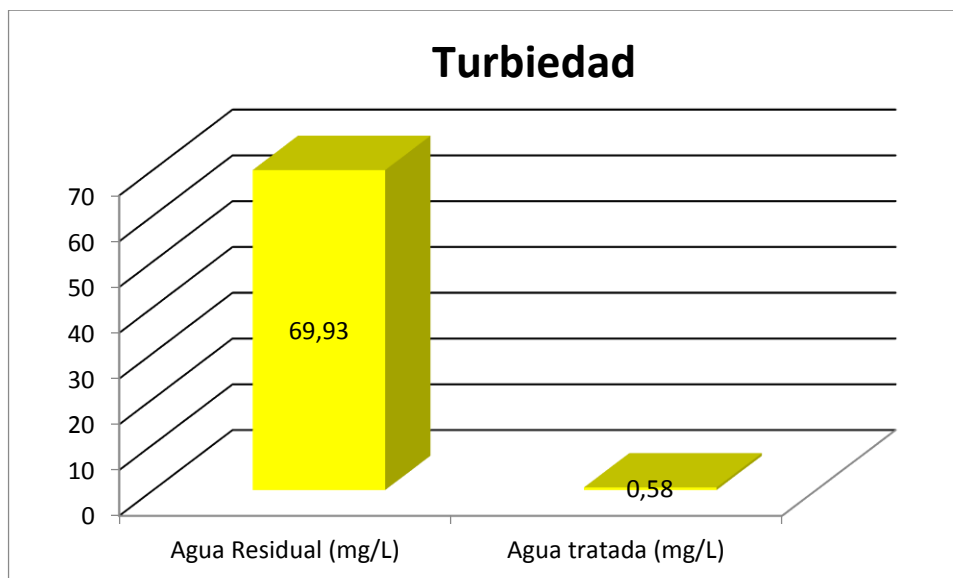


Ilustración 3-3: Disminución de la turbiedad
 Realizado por: Fabiola Taris, 2016

Tabla 44-3: Caracterización química del Nitrógeno total

Agua Residual (mg/L)	Agua tratada (mg/L)	% Remoción	Límites Permisibles (mg/L)
20,55	1,24	93.97	15

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

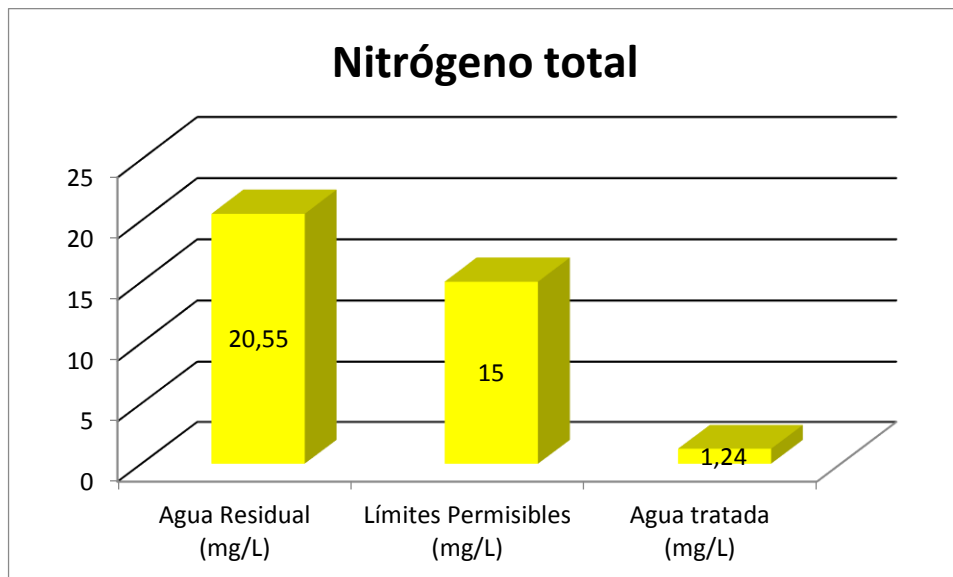


Ilustración 4-3: Disminución del Nitrógeno Total
 Realizado por: Fabiola Taris, 2016

Tabla 45-3: Caracterización química del Nitrógeno Amoniacal

Agua Residual (mg/L)	Agua tratada (mg/L)	% Remoción	Límites Permisibles (mg/L)
14,02	0,02	98,86	10

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

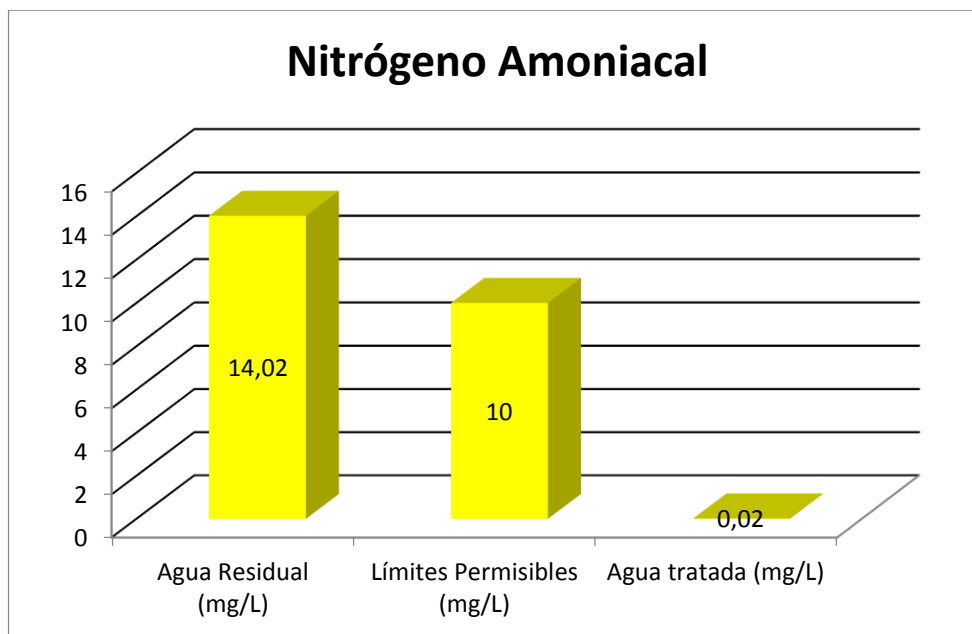


Ilustración 5-3: Disminución del Nitrógeno Amoniacal

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

Tabla 46-3: Caracterización química de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Agua Residual (mg/L)	Agua tratada (mg/L)	% Remoción	Límites Permisibles (mg/L)
350,5	32	90,87	100

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

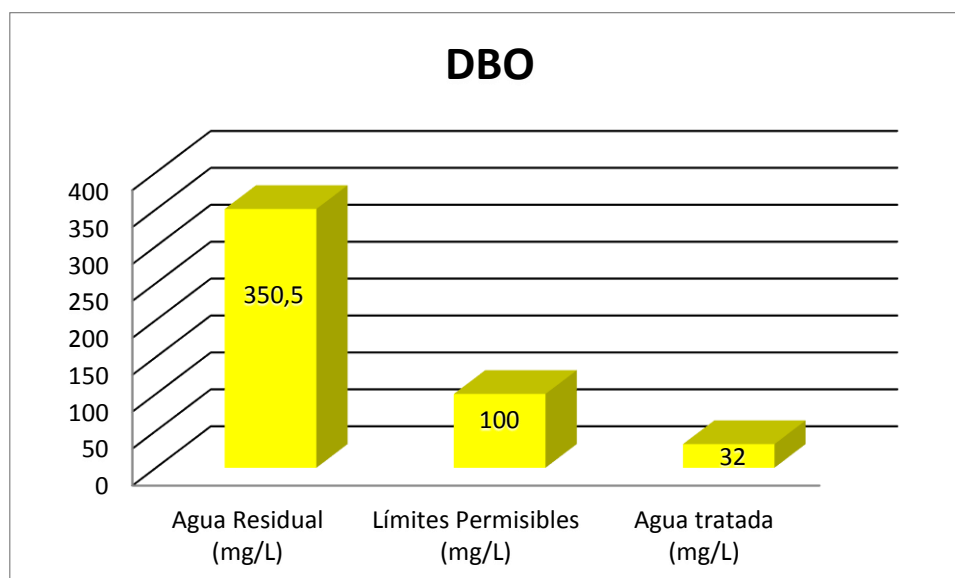


Ilustración 6-3: Disminución del DBO₅

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

Tabla 47-3: Caracterización química de la demanda química de oxígeno (DQO)

Agua Residual (mg/L)	Agua tratada (mg/L)	% Remoción	Límites Permisibles (mg/L)
700,38	80,4	88,52	200

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

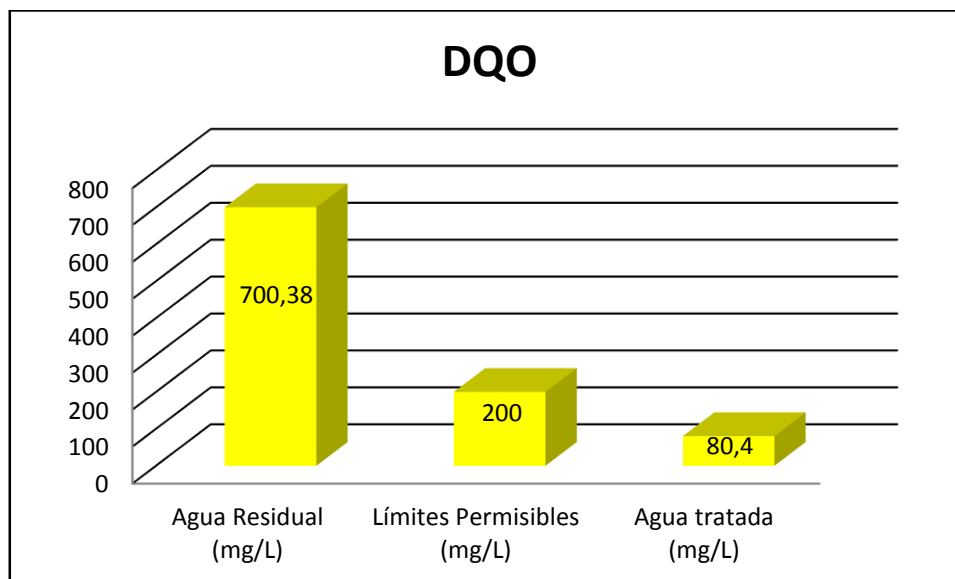


Ilustración 7-3: Disminución del DQO

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

Tabla 48-3: Caracterización bacteriológica de coliformes totales

Agua Residual (NMP/100 mL)	Agua tratada (NMP/100 mL)	% Remoción	Límites Permisibles (NMP/100 mL)
897,5	< 1**	100,00	-----

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

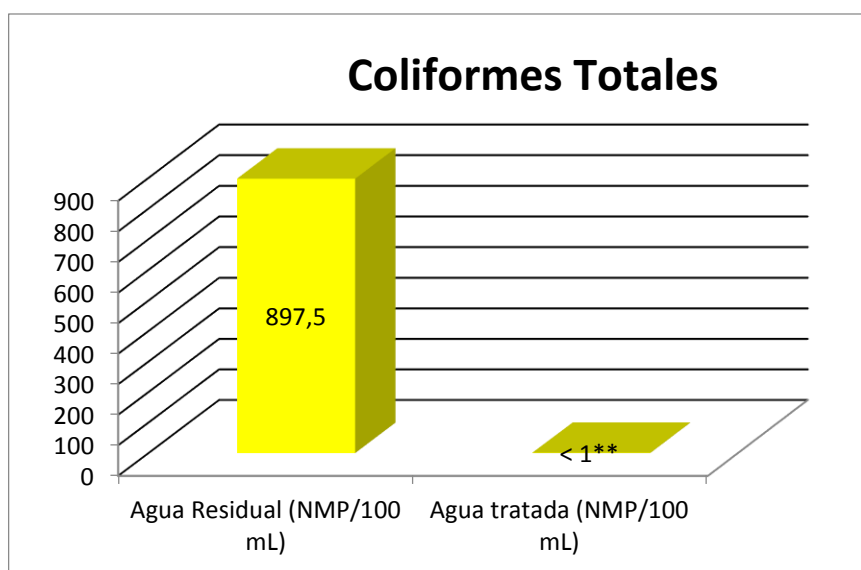


Ilustración 8-3: Disminución de Coliformes Totales

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

Tabla 49-3: Caracterización bacteriológica de coliformes fecales

Agua Residual (NMP/100 mL)	Agua tratada (NMP/100 mL)	% Remoción	Límites Permisibles (NMP/100 mL)
446,5	< 1**	100,00	-----

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

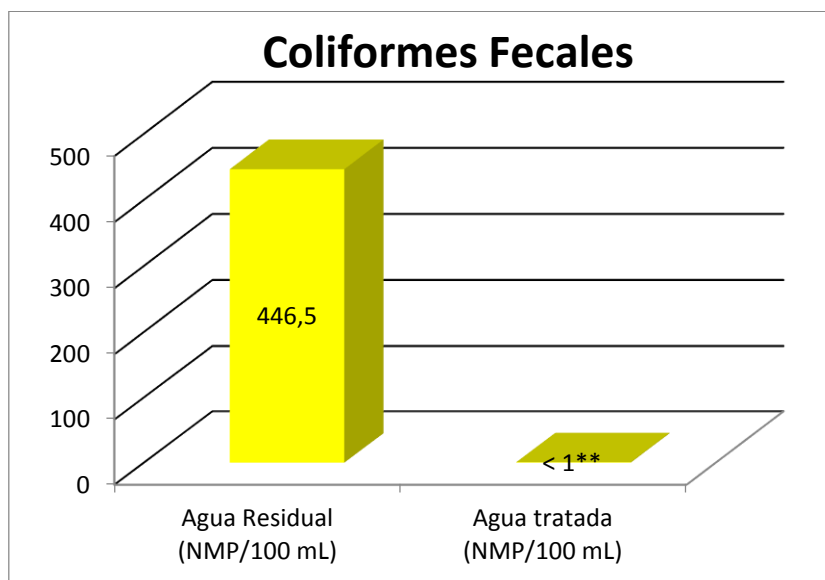


Ilustración 9-3: Disminución de Coliformes Fecales

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

3.3 Proceso de Producción

La planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia de Guanujo constara de los siguientes procesos, como se indica a continuación.

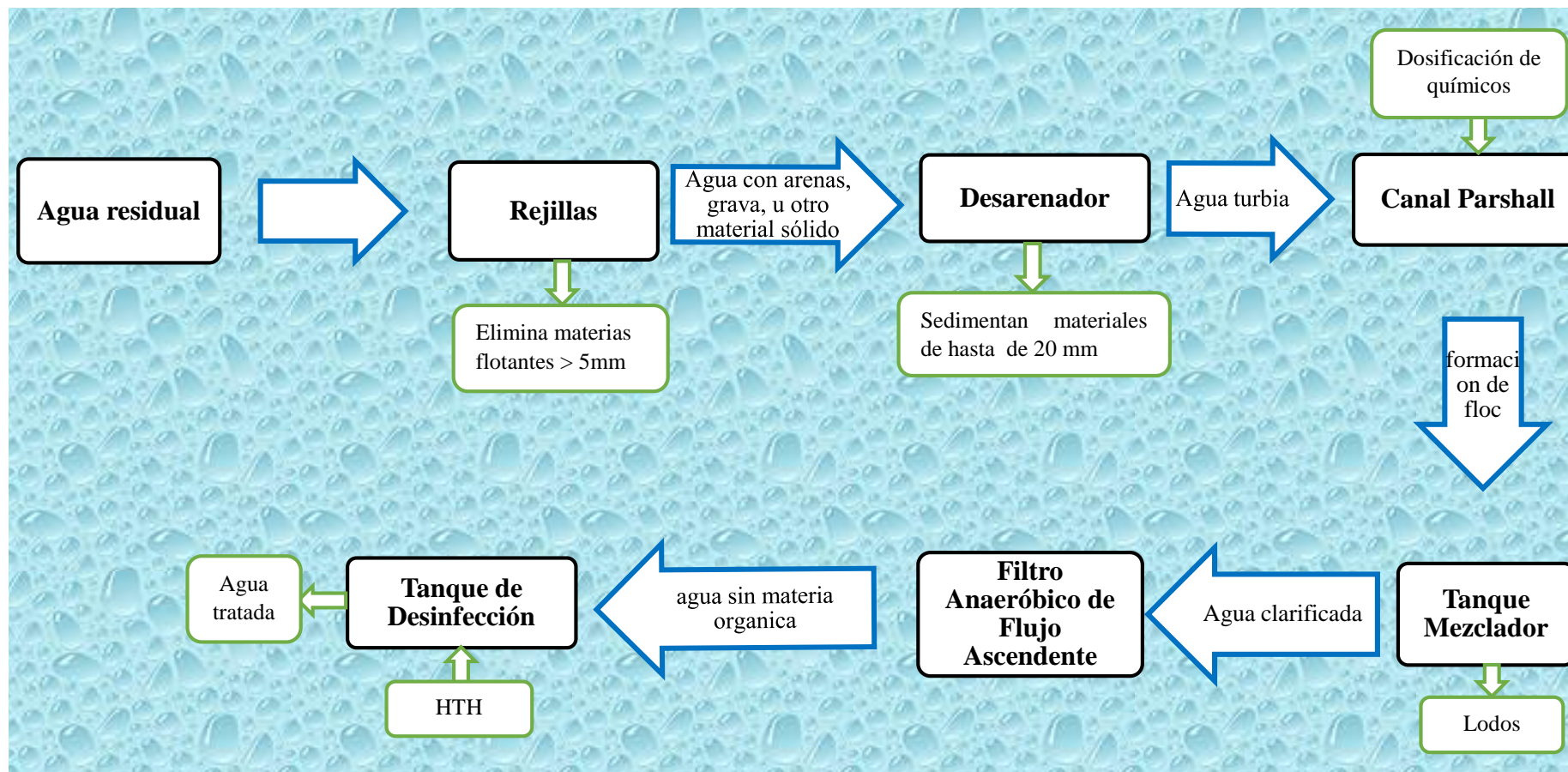


Ilustración 10-3: Proceso de producción

3.4 Requerimientos de Tecnología, Equipos y Maquinaria

Tabla 50-3: Materiales y equipos para medición del caudal

Materiales	Equipos
Balde graduado en litros	Cronómetro
Cuaderno	Cámara fotográfica
Lápiz y Borrador	

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

Tabla 51-3: Determinación Físicas – Químicas y Microbiológicas para el agua residual

Determinaciones	Parámetros	Equipos
FISICAS	Ph	Potenciométrico
	Temperatura	Termómetro
	Turbiedad	Turbidímetro
	Conductividad	Conductómetro
	Sólidos totales disueltos	
	Color	Fotómetro
	Caudal	Volumétrico
	Tiempo	Cronometro
QUIMICAS	Cloruro	Volumétrico y/o Espectrofotómetro
	Dureza.	
	Alcalinidad	
	DBO5	Espectrofotómetro
	DQO	
	Sulfatos	
	Fosfatos	
	Nitritos	
MICROBIOLOGICAS	Nitratos	
	Amonios	
	Coliformes totales Coliformes fecales	Método filtración por Membrana

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

Tabla 52-3: Materiales, Equipos y Reactivos para Caracterización del Agua Residual

Materiales	Equipos	Reactivos
Buchner y Kitasato	Baño María	Aluver
Cámara fotográfica	Bomba de succión	Ampollas endo
Capsula de Petri	Conductímetro	Ampollas m-colibblue
Cronometro	Destilador	Ascorbic acid
Embudo de vidrio	Espectrofotómetro	BariVer 4 Barium
Escobilla de cerdas	Estufa	Bleaching 3
Esferográfico	Fotómetro	Buffer pH 4.0

Estacas	GPS	Buffer pH 7.0
Frascos cuenta gotas con tetina	pH – metro	Cromo 1
Gradilla	Reverbero	Cromo 2
Guantes	Turbidometro	Cuver 1
Lente de aumento		Cyanurate ammonium
Libreta		DPD cloro total
Luna de reloj		EDTA (Sobres)
Mandil		EDTA 0.020 N
Mascarillas		Ferover
Matraz Erlenmeyer		Filtros de membrana
Pipeta		Nitriver
Pipeta volumétrica		Pads absorbente
Pizeta		Pan indicador sln 0.1 %
Probeta milimetrada		Pan indicador sln 0.3 %
Soporte universal		Phosver
Tubos de ensayo		Phthalate-fosfato
Varilla		Reactivo acido cromo
Vasos de precipitación		Reagent Spands
		Salicylate ammonium
		Solución férrica
		Sulfater 4
		THM Plus reagent 1
	THM Plus reagent 2	
	THM Plus reagent 3	
	THM Plus reagent 4	
	Tiocianato mercúrico	

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

Tabla 53-3: Materiales, Equipos y Reactivos para Pruebas de Coagulación, Floculación y Sedimentación

Materiales	Equipos	Reactivos
Balones de aforación	Balanza analítica	Agua destilada
Pezeta, Jeringuillas	Cronometro	Alcohol antiséptico 70°
Guantes, Mandil	Test de jarras	Auxiliar de la coagulación (Chemfloc N-100)
Jeringuillas, Vasos de Precipitación	Destilador de agua	Poli cloruro de aluminio (PAC-25A)

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

3.5 Análisis de Costo/Beneficio del Proyecto

Tabla 54-3: Presupuesto para la planta de tratamiento

SISTEMA GENERAL				
REJILLAS				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio global
Rejillas metálicas	U	13,00	5,10	66,3
Limpieza y desbroce	m ²	0,50	0,75	0,37
Replanteo y nivelación	m ²	0,50	2,99	1,5
VERTEDERO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio global
Limpieza y desbroce	m ²	64,50	0,75	0,45
Replanteo y nivelación	m ²	64,50	2,99	1,79
Excavación manual	m ³	80,42	5,10	306
Replanteo H.S. 140 Kg/cm ²	m ²	3,20	75,15	240,48
Hormigón simple F ^c =210 Kg/cm ²	m ³	17,37	100,12	1739,08
Enlucido vertical con impermeabilizante	m ²	64,50	10,00	6,5
DESARENADOR				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio global
Limpieza y desbroce	m ²	64,50	0,75	48
Replanteo y nivelación	m ²	64,50	2,99	192,85
Excavación manual	m ³	80,42	5,10	410,14
Replanteo H.S. 140 Kg/cm ²	m ²	3,20	75,15	272,48
Hormigón simple F ^c =210 Kg/cm ²	m ³	17,37	100,12	240,38
Enlucido vertical con	m ²	64,50	10,00	645

impermeabilizante				
Encofrado con madera	m ²	57,88	7,45	431,2
Malla electro soldada 10X10X6mm	m ²	57,88	5,50	318,34
Válvula de compuerta	U	1	130,74	130,74
CANAL PARSHALL				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio global
Limpieza y desbroce	m ²	14,80	0,75	11,1
Replanteo y nivelación	m ²	14,80	2,99	44,25
Excavación manual	m ³	13,80	5,10	70,38
Replanto H.S. 140 Kg/cm ²	m ²	0,75	75,15	56,36
Hormigón simple F' C =210 kg/cm ²	m ³	1,10	100,12	110,13
Enlucido vertical con impermeabilizante	m ²	5,10	10,00	51
Encofrado con madera	m ²	10,05	7,45	74,87
Malla electro soldada 10x10x6mm	m ²	24,50	5,50	134,75
TANQUE MEZCLADOR				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio global
Limpieza y desbroce	m ²	13,02	0,75	9,67
Replanteo y nivelación	m ²	13,02	2,99	38,92
Excavación manual	m ³	7,15	5,10	36,46
Replanto H.S. 140 Kg/cm ²	m ²	3,06	75,15	229,9
Hormigón simple F' C=210 Kg/CM ²	m ³	2,40	100,12	240,2
Enlucido vertical con impermeabilizante	m ²	31,00	10,00	310
Encofrado con madera	m ²	31,00	7,45	230,95
Malla electro soldada 10x10x6mm	m ²	15,03	5,50	82,65
FLUJO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio global
Limpieza y desbroce	m ²	398,20	0,75	298,65
Replanteo y nivelación	m ²	398,20	2,99	1190,61
Excavación manual	m ³	250,50	5,10	1277,55
Replanto H.S. 140 Kg/cm ²	m ²	45,50	75,15	3419,32
Hormigón simple F' C=210 Kg/CM ²	m ³	104,41	100,12	10453,52
Enlucido vertical con impermeabilizante	m ²	440,60	10,00	4406

Encofrado con madera	m ²	910,25	7,45	6781,36
Malla electro soldada 10x10x6mm	m ²	813,03	5,50	4471,66
Válvulas de compuerta	u	10	130,74	1307,4
Tubería PVC 110mm	m	14	4,32	177,12
TANQUE DE DESINFECCION				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio global
Limpieza y desbroce	m ²	46,70	0,75	35,02
Replanteo y nivelación	m ²	46,70	2,99	139,63
Excavación manual	m ³	60,50	5,10	308,55
Replanto H.S. 140 Kg/cm ²	m ²	2,45	75,15	184,11
Hormigón simple F' C=210 Kg/CM ²	m ³	10,11	100,12	1012,21
Enlucido vertical con impermeabilizante	m ²	58,23	10,00	582,3
Encofrado con madera	m ²	129,31	7,45	963,36
Malla electro soldada 10x10x6mm	m ²	113,20	5,50	622,6
Válvula de compuerta	U	1	130,74	130,74
			TOTAL (\$):	44544,90

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

Tabla 55-3: Costos de los productos químicos para el tratamiento del agua residual

Productos Químicos	Dosificación (Kg/día)	Costo Unitario (kg)	Costo Diario (\$)	Costo Mensual (\$)
Policloruro de Aluminio (PAC - P25A)	31,44	\$ 0,85	26,72	748,27
Auxiliar de coagulación (Chemfloc N-100)	6,28	\$ 8,00	50,24	1406,72
Hipoclorito de calcio (HTH)	40,12	\$ 3,00	120,36	3370,08
		TOTAL (\$):	197,32	5525,07

Realizado por: Fabiola Taris, 2016

Es factible implementar nuestro proyecto debido a que el costo total es de 50069,97 \$/mensual, lo cual puede ser cubierto por la parroquia, está por ende tendrá que hacer un crédito al Banco del Estado (BEDE).

Los 1432 usuarios de la parroquia de Guanujo, tendrían que pagar en su planilla de agua un valor de 2,92 ctvs. Adicionales, mensualmente por un año, después del año, el pago será de 0,32 ctvs.

3.6 Cronograma de Ejecución del Proyecto

TIEMPO ACTIVIDADES	Octubre (2015)				Noviembre (2015)				Diciembre (2015)				Enero (2016)				Febrero (2016)				Marzo (2016)				Abril (2016)				Mayo (2016)				Junio (2016)			
	SEMANAS																																			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Revisión bibliográfica																																				
Determinación del caudal de las aguas residuales																																				
Caracterización físico-química y microbiológica del agua residual																																				
Establecimiento de contaminantes de las aguas residuales																																				
Efectuar las respectivas pruebas de tratabilidad en el laboratorio.																																				
Determinación de las variables del proceso para el Diseño de la Planta de Agua Residual																																				
Calculo de Ingenieria																																				
Revisión y correcciones																																				
Entrega del Proyecto de Titulacion																																				
Defensa del proyecto de Tesis																																				

CONCLUSIONES

- Se diseñó una planta de tratamiento de aguas residuales para la parroquia de Guanujo, del Cantón Guaranda, con una proyección de 15 años y un caudal punta de 0,091 m³/s, con el fin de reducir la contaminación de las aguas del río Guaranda.
- Con la caracterización primaria física, química y microbiológica se pudo evidenciar que el agua residual tiene los siguientes parámetros fuera de norma como: Sólidos Totales Disueltos 216,76 mg/L, Nitrógeno Total 20,55 mg/L, Nitrógeno Amoniacal 14,02 mg/L, Coliformes Totales 897,50 Nmp/100ml, Coliformes fecales 446,50 Nmp/100ml, DBO₅ 350,5 mg/L, DQO 700,38 mg/L, turbiedad 69,93 NTU.
- En base a los resultados de la caracterización física, química y microbiológica, se plantea una mejor alternativa a seguir de diferentes tratamientos físicos: empezando desde la colocación de las Rejillas, Vertedero Horizontal, Desarenador, Canal Parshall, Tanque Homogeneizador, Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA), Tanque de Cloración. Así también la utilización de coagulantes químicos: Policloruro de Aluminio (PAC-25A) de concentración 100ppm y CHEMFLOC N-100 de concentración 0,8 ppm para el proceso de Coagulación- Floculación.
- Después de realizar las pruebas de tratabilidad físico-químico y microbiológicas al agua residual, se logró disminuir las concentraciones de Sólidos Totales Disueltos 1,00 mg/L, Nitrógeno Total 1,24 mg/L, Nitrógeno Amoniacal 0,02 mg/L, Hierro Total a 0.30 mg/L, Turbiedad a 0.58 NTU, Color 1 UTC, Coliformes Totales a <1** NMP/100 ml, Coliformes Fecales a <1** NMP/100 ml, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) 32mg/L, Demanda Química de Oxígeno (DQO) 89,4 mg/L, que estaban fuera de los parámetros permisible de la norma, cumpliendo con los requisitos específicos de la norma TULSMA Libro VI. Anexo A. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

RECOMENDACIONES

- Para obtener resultados apropiados en la caracterización física-química y microbiológica en el laboratorio será necesario contar con equipos calibrados, en buen funcionamiento y contar con la supervisión de un profesional competente en la rama para confirmar que los resultados sean lo más exactos posibles.
- Llevar un correcto uso del material de vidrio de laboratorio como la manipulación de los químicos: Policloruro de Aluminio (PAC), Hipoclorito de Calcio (HTH), empleados en el tratamiento del agua residual, cuando se maneje estos químicos, se debe utilizarse ropa protectora como guantes, botas, pantalones y delantales de goma, así como antiparras (anteojos protectores) y máscaras faciales.
- El mantenimiento apropiado de las diferentes etapas de tratamientos del agua residual como las Rejillas que necesitan un mantenimiento adecuado, la misma que será obstruida por sólidos de gran tamaño, esto se deberá ser supervisado por el personal de la planta.
- Los lodos extraídos de toda la planta de tratamiento; servirán para la reutilización en el suelo, haciéndolos fértiles para la agricultura, por los contenidos de fosforo y nitritos-nitratos. Para eso primero se debe realizar una estabilización química, que los inactivan, generalmente se usa cal y la producción de un producto final apto para la aplicación a los suelos.

BIBLIOGRAFÍA

- **AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION.** Agua su calidad y tratamiento. 2. ed., DF - México. McGraw-Hill. 2002, pp. 6 – 7.
- **ARBOLEDA J.,** Teoría y Práctica de Purificación de Agua, 3ra. ed, Bogotá-Colombia, Editorial Mc. Graw-Hill, 2000, pp. 160-168.
- **CRITES-TCHOBANOGLIOUS.,** Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones, 2da. ed. Bogotá-Colombia, Editorial Mc Graw-Hill Interamericana, 2000, pp. 33-67, 300-333.
- **FAIR-GEYER.,** Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales, Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales, 2da. ed, México, Editorial Limusa, 1994, pp. 76-85.
- **ISLA DE JUANA, R.,** Proyectos de plantas de tratamiento de aguas: aguas de proceso, residuales, y de refrigeración. Madrid-España. Ediciones Bellisco. 2005, pp. 29, 159, 160, 215.
- **FLOCULADORES.** Tratamiento manual II. PDF. 2013, pp. 91-96; 103-105. http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualII/ma2_cap3.pdf 2014-04-01.
- **EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE GUARANDA.** Emapa Guaranda. 2013. <http://www.emapag.gob.ec> 2014-02-01.
- **HERMIDA J.,** Rediseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Regional Colta. (tesis de pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química, Riobamba, Ecuador, 2014., pp. 60-100.
- **MEDIDOR PARSHALL.** Canal Parshall. PDF. 2001, pp. 6; 24 http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/canal_parshall.pdf. 2014-04-05.
- **METCALF-EDDY.,** Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, Vertido y Reutilización, 3ra. ed. Madrid-España, Editorial Mc Graw-Hill Interamericana, 1995, pp. 228, 508-520, 550-680.

- **RAMALHO, R.**, Tratamiento de Aguas Residuales, 2da. ed. Quebec – Canadá, Editorial Reverte S.A, 1993, pp. 92, 146, 147.
- **RIGOLA PEÑA, M.**, Tratamiento de Aguas Industriales: Aguas de Procesos y **Residuales**, Barcelona-España. Editorial Marcombo S.A, 2005, pp. 118.-148.
- **ROMERO, J.**, Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y Principios de Diseño, 3ra. Ed. Bogotá-Colombia, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2004, pp. 129.
- **TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (TULSMA)**, 2015, Libro VI, Anexo I.
- **VALENCIA, J.**, Diseño de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para el Área de bovinos en el Camal Frigorífico Municipal de Riobamba. (Tesis de pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química, Riobamba, Ecuador, 2012., pp. 34

ANEXOS

Anexo A. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua. Libro VI.

Anexo 1

TABLA 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	30
Alkil mercurio		mg/l	NO DETECTABLE
Aldehídos		mg/l	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ml	10000
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	200
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0

Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjedahl	N	mg/l	15,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	Ph		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	1000
Sulfitos	SO ₃	mg/l	2,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ±3
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Vanadio	Va	mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	5,0

Anexo B. Métodos y técnicas utilizados para el análisis físico - químico del agua

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Equipos	Conductímetro
	Materiales	<ul style="list-style-type: none"> – Vasos de precipitación – Agua destilada – Muestra de agua – Limpiadores
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> – En un vaso de precipitación colocamos 100 ml de muestra de agua. – Lavar varias veces el electrodo (celda conductométrica) con agua destilada, sumergir en el recipiente que contiene el agua examinar. – Determinamos el parámetro de medida (Cond) en el equipo y presionamos READ. Deje un tiempo hasta que la lectura sea estable. – Lea la medida de conductividad directamente de la pantalla. Además se medirá la temperatura.
COLOR	Equipo	Colorímetro
	Materiales	<ul style="list-style-type: none"> – Agua destilada – Muestra de agua – Limpiadores – Cubetas
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> – Preparación de la muestra; Colocar en la cubeta una muestra de agua hasta el nivel de aforo. – Preparación del blanco; Colocar en otra cubeta agua destilada hasta el nivel de aforo. – Proceder a medir en el instrumento.
POTENCIAL HIDROGENO	Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> – Solución Buffer pH 4 (caducidad fijada por el fabricante) – Solución Buffer pH 7 (caducidad fijada por el fabricante) – Agua destilada. – Muestra de agua
	Equipo y Materiales de Vidrio	<ul style="list-style-type: none"> – Potenciómetro – 2 vasos de vidrio – Limpiadores
		<ul style="list-style-type: none"> – Después que el equipo haya sido calibrado, ponga 100 ml de muestra en un vaso de 250ml. Introduzca el electrodo en el vaso, agitar y presione READ.

	Determinación de pH en una muestra de agua	<ul style="list-style-type: none"> – Deje un tiempo estable hasta que la lectura sea estable. Lea la medida de pH directamente de la pantalla. – Registre el valor. – Limpie el electrodo con agua destilada, seque. Ponga el electrodo en el porta electrodo hasta volver a utilizar.
TURBIDEZ	Equipo	Turbidímetro 2100 P
	Materiales	<ul style="list-style-type: none"> – Cubetas de vidrio – Limpiadores – Aceite de silicona – Muestra de agua
	Antes de comenzar	<ul style="list-style-type: none"> – Siempre mueva las burbujas de las muestras en las celdas, pues no se obtendrán lecturas aceptables. – Suave calentamiento se usara como último recurso para eliminar las burbujas. – Si solo hay unas pocas partículas grandes, no reporte valores es estas partículas. – Muestras con valores muy altos de NTU deben ser diluidas con agua filtrada en la misma proporción y determinar su valor multiplicando por el factor de dilución. – Asegúrese de lavar las celdas con al menos dos volúmenes de la muestra antes de usar la celda para otra medida. – No use las celdas para almacenamientos largos de la muestra.
	Procedimiento	<p>Después de una calibración o los chequeos de calibración son aceptables, las muestras pueden correrse siguiendo lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Coloque una muestra de agua en la cubeta hasta el nivel de aforo. – Cuidadosamente elimine cualquier residuo en el exterior de las cubetas usando toallas de papel con trazas de aceite de silicona. Las muestras con distribuciones de partículas grandes o desiguales deben leerse promediando las lecturas mínimas y máximas. Es preferible tener una muestra más uniforme, pero este método se usara si no hay otra forma de preparar la muestra. – Colocar cuidadosamente en el instrumento de medida con la señal hacia adelante, cerrar y presionar READ, esperar que se estabilice el instrumento. – Registrar el valor. <p>No almacene las muestras en las celdas. Después de usar lave con un solvente adecuado y luego con agua destilada. Almacene las celdas invertidas.</p>

SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	Equipo	<ul style="list-style-type: none"> – Conductímetro – Electrodo
	Materiales	<ul style="list-style-type: none"> – Vasos de precipitación – Agua destilada – Muestra de agua – Limpiadores
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> – Lavar varias veces el electrodo (celda conductométrica) con agua destilada, sumergir en el recipiente que contiene el agua examinar. – Seleccionamos el parámetro de medida en la pantalla (STD) y presionamos READ. Deje un tiempo hasta que la lectura sea estable. Lea la medida de sólidos totales disueltos directamente de la pantalla. Además se medirá la temperatura. – Registre el valor. Limpie el electrodo con agua destilada.
	Equipo	<ul style="list-style-type: none"> – Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> – Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml – Sobres de reactivo de cloro total DPD en polvo, 10ml – Pipeta – Limpiadores – Muestra de agua

CLORO TOTAL	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> – Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 80 cloro L&T PP. – Lavar las cubetas y la pipeta con la muestra antes de usarlas. – Colocar con la pipeta 10 ml de muestra en la cubeta, añadir el contenido de un sobre de reactivo Chlorine Total-DPD. Agitar con rotación durante 20 segundos. – Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, comienza un tiempo de reacción de 3 minutos. – Para preparar el blanco, llenar otro cubeta cuadrada, con 10 ml de muestra. – Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. – Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.00mg/L Cl₂. – Dentro de los 3 minutos después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta con la marca de llenado hacia la derecha. – Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/ L Cl₂.
COBRE	Equipo	Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> – Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml – Sobres de reactivo de cobre CuVer 1 en polvo – Pipeta – Limpiadores
	Antes de comenzar	<p>La determinación de cobre total requiere digestión previa.</p> <p>Antes del análisis ajustar el pH de las muestras conservadas con ácido a 4-6 con solución de hidróxido de potasio 8,0 N.</p> <p>Si hay cobre presente, se formara un color violeta si la muestra se mezcla con el reactivo. El polvo no disuelto afectara a la precisión.</p> <p>Para obtener resultados de mayor precisión determinar un valor blanco de reactivo para cada nuevo lote. Seguir el procedimiento utilizando agua destilada en lugar de la muestra. Restar la lectura del blanco a la lectura de la muestra efectuar un ajuste del blanco de reactivo.</p>
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> – Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 135 Cobre Bicin. – Preparar la muestra: Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con muestra, añadir el contenido de un sobre de reactivo CuVer 1 en polvo. Agitar la cubeta varias veces, con rotación, para mezclar. – Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente

		<p>comienza un tiempo de reacción de 2 minutos.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Para preparar el blanco, llenar otro cubeta cuadrada, con 10 ml de muestra. – Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. – Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.00mg/L Cu. – Dentro de los 2 minutos después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta con la marca de llenado hacia la derecha. – Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/ L Cu.
CROMO HEXAVALENTE	Equipo	Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> – Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml – Sobres de reactivo cromo ChromaVer 3 en polvo – Limpiadores – Muestra de agua
	Antes de comenzar	<p>En caso de que hubiese una concentración de cromo elevada, se tomará un precipitado. Diluir la muestra.</p> <p>Para obtener resultados de mayor precisión determinar un valor blanco de reactivo para cada nuevo lote. Seguir el procedimiento utilizando agua destilada en lugar de la muestra. Restar la lectura del blanco a la lectura de la muestra respectivamente; con el instrumento se puede comparar automáticamente con el ajuste del blanco.</p> <p>Las muestras finales son muy ácidas. Neutralizar hasta pH 6-9 con una solución de patrón de hidróxido sódico y echar al desagüe por su eliminación. Productos químicos y soluciones para análisis deben descartarse de acuerdo a los reglamentos nacionales pertinentes.</p>
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> – Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 90 Cromo hex. – Preparar la muestra; llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml con muestra y añadir el contenido de un sobre de reactivo ChromaVer 3 en polvo. Agitar con rotación para mezclar. – En presencia de cromo hexavalente, aparecerá un color violeta. – Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK. Comienza un periodo de reacción de 5 minutos. – Preparación del blanco: llenar una cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de muestra. – Después que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. – Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.000mg/L Cr⁶⁺.

		<ul style="list-style-type: none"> – Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/L Cr⁶⁺.
FLORUROS	Equipo	Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> – Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml – Solución de reactivo SPANDS – Agua destilada – Muestra de agua – Pipeta volumétrica de 2 ml – Soporte universal – Limpiadores – Termómetro 10 a 100 °C
	Antes de comenzar	<p>La muestra y el agua destilada deben estar a una misma temperatura (± 1 °C). Para obtener mejores resultados medir el volumen de reactivo SPANDS lo más preciso posible. El reactivo SPANDS es tóxico y corrosivo</p>
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> – Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 190 Fluoruro. – Preparar la muestra; llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml con muestra. – Preparación del blanco: llenar una cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de agua destilada. Pipetear 1 ml de reactivo SPANDS en cada cubeta, agitar varias veces para mezclar. – Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK. Comienza un periodo de reacción de 1 minutos. – Dentro del 1 minuto después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de las cubetas (la muestra preparada y el blanco) y colocar las cubetas con la marca de llenado hacia la derecha. – Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.00mg/L F⁻. – Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/ L F⁻, proceder a registrar en valor.
	Equipo	Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> – Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml – Sobres de reactivo de hierro FerroVer en polvo – Tapón para cubeta – Limpiadores

HIERRO		<ul style="list-style-type: none"> – Muestra de agua
	Antes de comenzar	<p>La determinación de hierro total necesita digestión previa. Para obtener resultados de mayor precisión determinar un valor blanco de reactivo para cada nuevo lote. Seguir el procedimiento utilizando agua destilada en lugar de la muestra. Restar la lectura del blanco a la lectura de la muestra respectivamente; con el instrumento se puede comparar automáticamente con el ajuste del blanco.</p>
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> – Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 265 Hierro FerroVer. – Preparar la muestra; llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml con muestra. – Añadir el contenido de un sobre de hierro FerroVer en polvo., agitar, con rotación, para mezclar. – Después de añadir en reactivo se formará un color anaranjado si existe hierro. – Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK. Comienza un periodo de reacción de 3 minutos. Agitar vigorosamente hasta que suene el temporizador. – (Las muestras que contienen de óxido de hierro visible dejarlas reaccionar al menos 5 minutos.) – Preparación del blanco: llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de muestra. – Después que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. – Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.000mg/L Fe. – Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/L Fe.
MANGANESO	Equipo	Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> – Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml – Sobres de ácido ascórbico en polvo – Solución indicadora PAN 0.1% – solución de reactivo de cianuro alcalino – Agua destilada – Muestra de agua – Tapón para cubeta – Limpiadores
	Antes de comenzar	Lavar todos los artículos con solución de ácido nítrico en la proporción de 1 a 1. Volver a lavar con agua destilada.

		La solución alcalina de cianuro contiene cianuro. Estas soluciones deberán ser recogidas para su eliminación como residuo peligroso. Asegúrese que las soluciones de cianuro son almacenadas en una solución cáustica con un pH>11 para prevenir el escape de gas de hidrógeno de cianuro. Consultar en una ficha de seguridad de materiales (MSDS) actual las instrucciones de seguridad de manipulación y eliminación.
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> – Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 290 Manganese RB PAN. – Para preparar el blanco, llenar una cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de agua destilada. – Preparar la muestra; llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada de 10ml con muestra. – Añadir a cada cubeta el contenido de un sobre de ácido ascórbico en polvo. Tapar las cubetas e invertir con cuidado para disolver el polvo. – Añadir 12 gotas de solución de reactivo de cianuro alcalino a cada cubeta. Agitar con cuidado para mezclar. En algunas muestras puede tomarse una solución turbia. La turbidez deberá disiparse en el paso siguiente. – Añadir 12 gotas de solución indicadora PAN 0.1%, a cada cubeta. Agitar con cuidado para mezclar. – Si hay manganeso presente, la muestra preparada producirá un color anaranjado. – Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 1 minutos. Agitar vigorosamente hasta que suene el temporizador. – Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, comenzará un tiempo de reacción de 2 minutos. – Después que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. – Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.000mg/L Mn – Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. – Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/L Mn.
	Equipo	Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales	<ul style="list-style-type: none"> – Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml – Sobres de reactivo de NitraVer 5 en polvo – Limpiadores

NITRATO		– Muestra de agua
	Antes de comenzar	<ul style="list-style-type: none"> – Para obtener resultados de mayor precisión determinar un valor blanco de reactivo para cada nuevo lote. Seguir el procedimiento utilizando agua destilada en lugar de la muestra. – Este método es sensible a la técnica de agitación influyen a la forma del color. Para obtener resultados de la máxima precisión efectuar ensayos sucesivos en una solución patrón de 10 mg/L de nitrato-nitrógeno. Ajustar el tiempo y la técnica de agitación para conseguir el resultado correcto. – Lavar la cubeta para eliminar todas las partículas de cadmio ya que las muestras preparadas contendrán cadmio.
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> – Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 355 N Nitrito RA PP. – Colocar con la pipeta 10 ml de muestra en la cubeta cuadrada, añadir el contenido de un sobre de reactivo NitraVer 5 en polvo. Tapar la cubeta. – Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 1 minutos. Agitar vigorosamente hasta que suene el temporizador. – Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, comenzará un tiempo de reacción de 5 minutos. En presencia de nitrato aparecerá un color ámbar. – Para preparar el blanco, llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de muestra. – Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. – Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.0mg/L NO₃-N. – Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/L NO₃-N.
	Equipo	Espectrofotómetro DR 280
	Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> – Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml – Sobres de reactivo de NitraVer 3 en polvo, 10ml – Limpiadores – Muestra de agua
	Antes de comenzar	Para obtener resultados de mayor precisión determinar un valor blanco de reactivo para cada nuevo lote. Seguir el procedimiento utilizando agua destilada en lugar de la muestra. Restar la lectura del blanco a la lectura de la muestra respectivamente; con el instrumento se puede comparar automáticamente con el ajuste del blanco.

NITRITO	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> – Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 371 N Nitrito RB PP. – Lavar las cubetas y la pipeta con la muestra antes de usarlas. – Colocar con la pipeta 10 ml de muestra en la cubeta, añadir el contenido de un sobre de reactivo NitraVer 3. Agitar la cubeta con rotación, para mezclar. En presencia de nitrito aparecerá un color rosa. – Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 20 minutos. Durante este tiempo efectuar los siguientes pasos. – Para preparar el blanco, llenar otro cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de muestra. – Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. – Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.000mg/L NO₂-N. – Limpiar bien el exterior de la cubeta (muestra preparada) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. – Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/L NO₂-N.
SULFATOS	Equipo	Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> – Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml – Sobres de reactivo de SulfaVer 4 en polvo – Pipeta – Muestra de agua – Limpiadores
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> – Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 680 Sulfate. – Preparar la muestra: Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con muestra, añadir el contenido de un sobre de reactivo SulfaVer 4 en polvo. Agitar la cubeta varias veces, con rotación, para mezclar. – Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 5 minutos. – Para preparar el blanco, llenar otro cubeta cuadrada, con 10 ml de muestra. – Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. – Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0 mg/L SO₄²⁻. – Dentro de los 5 minutos después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la

		<p>cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta con la marca de llenado hacia la derecha.</p> <p>– Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/ L SO_4^{2-}</p>
ALUMINIO	Equipo	Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	<p>– Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</p> <p>– Sobres de reactivo de Ácido Ascórbico, AluVer 3, Bleaching 3 en polvo</p> <p>– Pipeta</p> <p>– Muestra de agua</p> <p>– Limpiadores</p>
	Antes de comenzar	La determinación de aluminio total requiere una digestión previa. Lavar los artículos de vidrio con ácido clorhídrico 6.0 N o con agua destilada antes de usarlos, para evitar los contaminantes absorbidos en el vidrio.
	Procedimiento	<p>– Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 10 Aluminio, Alumin.</p> <p>– Colocar 50 mL de agua de la muestra en un matraz, añadir el contenido de un sobre de ácido ascórbico en polvo, tapar el matraz e invertir despacio varias veces para disolver el polvo, luego añadir el contenido de un sobre de reactivo de aluminio AluVer 3 en polvo, en presencia de aluminio se formará un color rojo – naranja, seleccionar el temporizador y pulsar OK, invertir el tubo repetidamente durante un minuto para disolver el polvo, si existe polvo sin disolver se obtendrán resultados erróneos (Solución A).</p> <p>– Para preparar el blanco, llenar la cubeta cuadrada, con 10 ml de la solución A y añadir el contenido de un sobre de reactivo Bleaching 3 en polvo, presionar el temporizador y pulsar OK, agitar con rotación enérgicamente durante 30 segundos. Esta solución debería adquirir un color anaranjado de claro a medio.</p> <p>– Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK. Comenzará un período de reacción de 15 minutos.</p> <p>– Preparar la muestra: Llenar la cubeta cuadrada con 10 mL de la solución A, limpiar bien el exterior de la cubeta.</p> <p>– Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0 mg/L Al^{3+}</p> <p>– Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/ L Al^{3+}</p>
	Equipo	Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	<p>– Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</p> <p>– Solución férrica y Solución de tiocianato de mercurio</p>

CLORUROS		<ul style="list-style-type: none"> – Agua destilada – Pipeta – Muestra de agua – Limpiadores
	Antes de comenzar	Antes de su análisis, filtrar las muestras turbias con un embudo y un filtro de papel medianamente rápido. Tanto la muestra como el blanco contendrán mercurio (D009) en una concentración regulada como residuo peligroso por la Federal RCRA [Resource Conservation and Recovery Act / Ley Federal sobre la Conservación y Recuperación de Recursos]. Productos químicos y soluciones para análisis deben descartarse de acuerdo a los reglamentos nacionales pertinentes.
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> – Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 70 Cloruro. – Preparar la muestra: Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con muestra, añadir 0.8 mL de solución de tiocianato mercúrico, agitar con rotación la cubeta para mezclar, posteriormente añadir 0.4 mL de solución férrica, agitar con rotación la cubeta para mezclar. – Para preparar el blanco, llenar otra cubeta cuadrada, con 10 ml de agua destilada, añadir 0.8 mL de solución de tiocianato mercúrico, agitar con rotación la cubeta para mezclar, posteriormente añadir 0.4 mL de solución férrica, agitar con rotación la cubeta para mezclar. – Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 2 minutos. – Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. – Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0 mg/L Cl⁻. – Dentro de los 2 minutos después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta con la marca de llenado hacia la derecha. – Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/ L Cl⁻.
COBALTO	Equipo	Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> – Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml – Sobres de reactivo de EDTA en polvo – Sobres de reactivo de phthalate-fosfato en polvo – Solución del indicador PAN 0.3 % – Agua destilada – Pipeta

		<ul style="list-style-type: none"> – Muestra de agua – Limpiadores
	Antes de comenzar	<p>Para obtener resultados de mayor precisión determinar un valor blanco de reactivo para cada nuevo lote. Seguir el procedimiento utilizando agua desionizada en lugar de la muestra. Restar la lectura del blanco a la lectura de la muestra, respectivamente; con el instrumento se puede comparar automáticamente con el ajuste del blanco. (Véase el manual de instrucciones para obtener información adicional sobre el "Uso de un blanco de reactivo").</p> <p>Si la temperatura de esta muestra es inferior a 10 °C (50 °F), caliéntela hasta la temperatura ambiente antes de realizar el análisis.</p>
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> – Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 110 Cobalto. – Preparar la muestra: Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con muestra, añadir el contenido de un sobre de reactivo de phthalate-fosfato, posteriormente añadir 0.5 mL de solución del indicador PAN 0.3 %, tapar las cubetas e invertir varias veces para mezclar. – Para preparar el blanco, llenar otra cubeta cuadrada, con 10 ml de agua destilada, añadir el contenido de un sobre de reactivo de phthalate-fosfato, posteriormente añadir 0.5 mL de solución del indicador PAN 0.3 %, tapar las cubetas e invertir varias veces para mezclar. – Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 3 minutos, durante la formación del color, el color de la solución del análisis puede variar de verde a rojo oscuro, dependiendo de la composición química de la muestra. El blanco debería presentar un color amarillo. – Luego del periodo de reacción añadir a cada cubeta un sobre de reactivo de EDTA en polvo, tapar las cubetas con cuidado y agitar para disolver el polvo. – Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. – Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0 mg/L Co. – Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/ L Co.
	Equipo	Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> – Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml – Sobres de reactivo de EDTA en polvo – Sobres de reactivo de phthalate-fosfato en polvo – Solución del indicador PAN 0.3 % – Agua destilada

NIQUEL		<ul style="list-style-type: none"> – Pipeta – Muestra de agua – Limpiadores
	Antes de comenzar	La concentración de cobalto puede determinarse con la misma muestra preparada en este procedimiento, seleccionando el programa Hach 110.
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> – Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 340 Níquel PAN. – Preparar la muestra: Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con muestra, añadir el contenido de un sobre de reactivo de phthalate-fosfato, posteriormente añadir 0.5 mL de solución del indicador PAN 0.3 %, tapar las cubetas e invertir varias veces para mezclar. – Para preparar el blanco, llenar otro cubeta cuadrada, con 10 ml de agua destilada, añadir el contenido de un sobre de reactivo de phthalate-fosfato, posteriormente añadir 0.5 mL de solución del indicador PAN 0.3 %, tapar las cubetas e invertir varias veces para mezclar. – Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 15 minutos, durante la formación del color, el color de la solución del análisis puede variar de verde a rojo oscuro, dependiendo de la composición química de la muestra. El blanco debería presentar un color amarillo. – Luego del periodo de reacción añadir a cada cubeta un sobre de reactivo de EDTA en polvo, tapar las cubetas con cuidado y agitar para disolver el polvo. – Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. – Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0 mg/L Ni. – Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/ L Ni

Fuente: MÉTODO HACH DR 2800, Laboratorio de Control de la Planta de Potabilización “Chaquishca”.

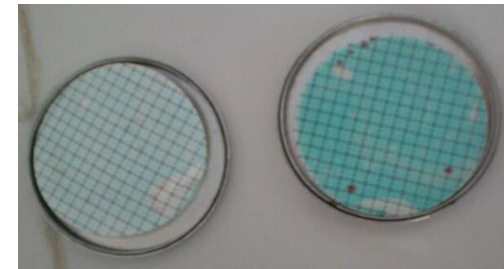
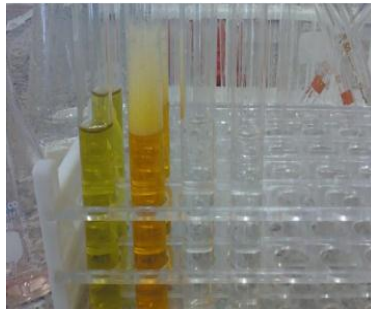
Anexo C. Métodos y técnicas utilizadas para el análisis microbiológico del agua

PROCESAMIENTO DE MUESTRAS PARA ANALISIS DE COLIFORMES	Equipos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cámara Incubadora ✓ Equipo de Filtración
	Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Membranas de filtro 0.47 ✓ Medio de cultivo Lauryl Sulfato ✓ Cajas Petri ✓ Limpiadores ✓ Alcohol antiséptico 70^oGl ✓ Pinza ✓ Termómetro ✓ Cronómetro ✓ Metanol ✓ Pads adsorbentes ✓ Reverbero ✓ Muestra de agua ✓ Medidor de medio de cultivo ✓ Tubo de grasa lubricante ✓ Lente de aumento ✓ Pipetas plásticas Pasteur ✓ Destornillador
	Antes de comenzar	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Para incubar coliformes, se utiliza la ampolla endo como un medio y seleccionar la temperatura de 44^oC. Para análisis de coliformes totales, se debe seleccionar la temperatura de 37^oC en el cual se usa la ampolla m – coli blue. ✓ El número de bacterias, coliformes fecales en la muestra se agua tratada, idealmente debe ser cero. ✓ El volumen preferido de muestra es de 100 ml es un indicativo de que el sistema de agua es microbiológicamente seguro. Si los resultados exceden de 1 coliforme fecal por 100mL o 10 coliforme fecal por 100 mL, indica que el sistema está contaminado y se deben tomar acciones urgentemente ✓ El número de bacterias coliformes fecales en muestras de agua deben ser contadas dspues de pasar 14 horas dentro de una incubadora. Si se utiliza 25 mL de muestra deberán ser observadas bajo un lente de aumento y una vez terminada de contar, se multiplicara X 4 para ser registradas.
		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Registrar el lugar de procedencia de la muestra de agua ✓ Desinfectar el lugar en donde se va a realizar el análisis.

		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Esterilizar particularmente las siguientes superficies. ✓ Interior del tubo de filtración. ✓ Interior de la caja Petri ✓ Colocar un pad absorbente en la caja Petri ✓ Armar el equipo de la bomba de vacío. ✓ Aflojar el embudo de filtración y removerlo de base ✓ Esterilizar la pinza usando una llama. Con la utilización de la pinza, colocar una membrana estéril en el soporte, con la cuadrícula hacia arriba. Si la membrana está rasgada o contaminada, descartarla y usar una nueva. ✓ Ajustar la membrana aplastando el embudo firmemente hacia abajo. ✓ Poner la muestra de agua en el embudo hasta la marca de 100 mL. ✓ Filtrar el agua a través de la membrana. ✓ Cuando toda el agua ha sido filtrada, liberar la bomba al vacío y usando la pinza estéril tomar la membrana de la unidad de filtración. ✓ Poner la membrana sobre el pad que se encuentra saturado de la ampolla m-Coli blue y posteriormente retirado el exceso del dicho medio. ✓ Tapar la caja Petri y codificarlo con el número de muestra, lugar, fecha, hora etc. ✓ Repetir el proceso para las muestras. Dejar un período de resucitación de 1 a 4 horas, lo cual permitirá que los coliformes fisiológicamente estresados se recuperen antes del cultivo. Luego colocar las cajas Petri en el soporte de la incubadora. ✓ Para cultivar coliformes fecales, seleccionar la temperatura de 44 °C. para análisis de coliformes totales seleccionar la temperatura de 37°C. ✓ El mínimo período de incubación es de 14 horas siguientes a las 4 horas de resucitación. ✓ Una vez terminado ese tiempo, remover las cajas. Petri de la incubadora y registrar la temperatura fijada. ✓ Colocar las cajas Petri en una superficie plana. Remover las tapas y contar las colonias sin considerar el tamaño. Utilizar el lente de aumento si es necesario. Contar inmediatamente las colonias ya que los colores que se presentan pueden cambiar al enfriarse o en reposo. ✓ Terminando de contar las colonias en cada muestra. Este valor es igual al número de colonias por 100 mL. Muestras que fueron incubadas a 37 °C (coliformes totales) mientras que aquellos incubadas a 44°C (coliformes fecales- termotolerantes o termoresistentes) ✓ Registrar los resultados.
--	--	--

Fuente: Manual de Métodos Analíticos para el Control del Tratamiento de Aguas, Laboratorio de Control de la Planta de Potabilización "Chaquishca"

Anexo D. Análisis físicos - químicos y microbiológicos

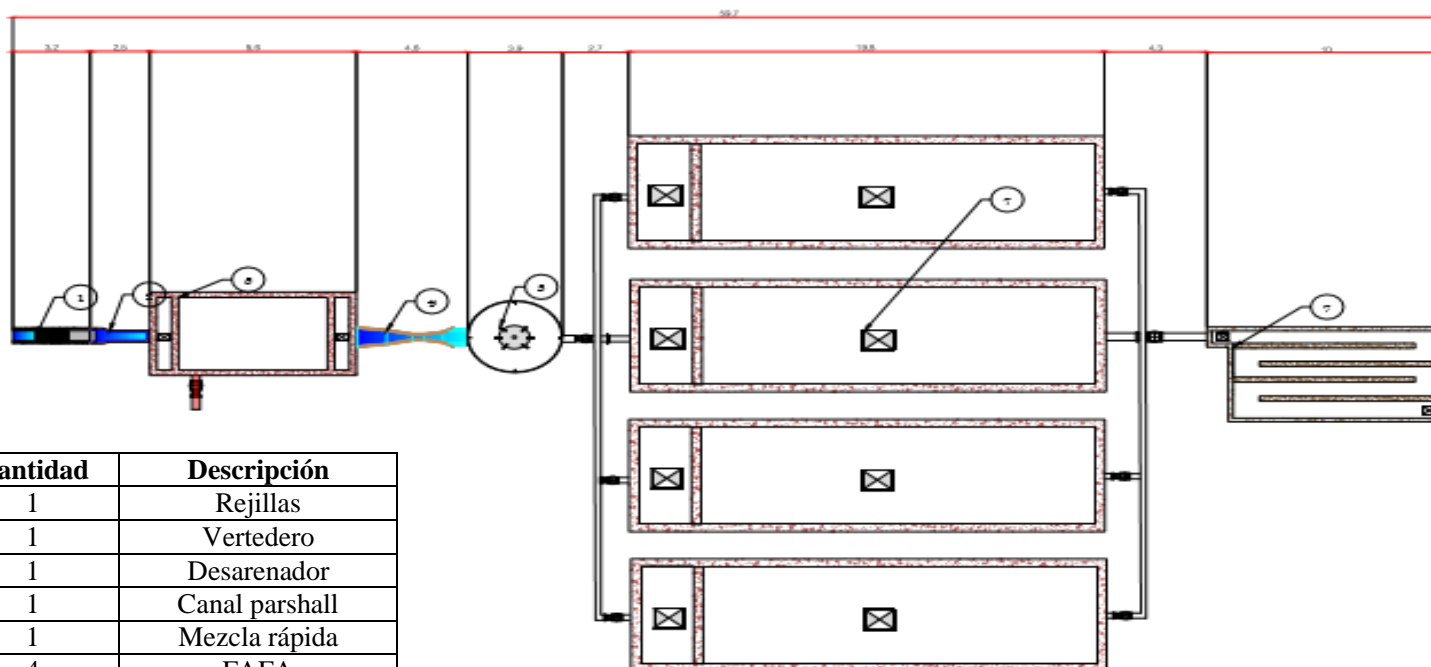


CONTIENE:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA FABIOLA BEATRIZ TARIS AGUACHELA	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA GUANUJO DEL CANTÓN GUARANDA		
Análisis Físicos – Químicos y Microbiológicos	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO	<input type="checkbox"/> POR ELIMINAR		LÁMINA	ESCALA	FECHA
	<input type="checkbox"/> APROBADO	<input type="checkbox"/> POR ABROBAR		1/1	1:40	2016-06-14
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR	<input checked="" type="checkbox"/> INFORMACIÓN				

Anexo E.

Planos

VISTA PLANTA



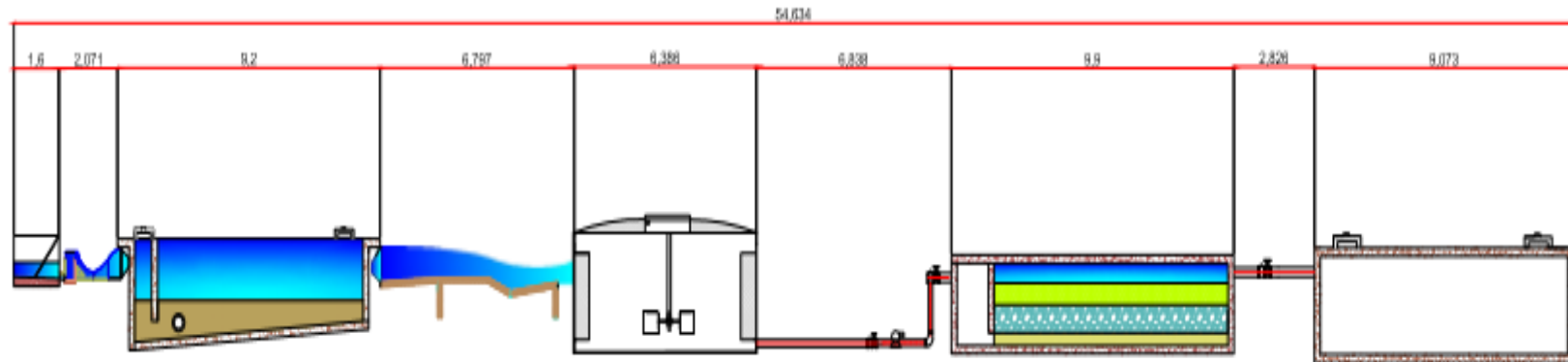
Nº	Cantidad	Descripción
1	1	Rejillas
2	1	Vertedero
3	1	Desarenador
4	1	Canal parshall
5	1	Mezcla rápida
7	4	FAFA
8	1	Desinfección

CONTIENE:		CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA GUANUJO DEL CANTÓN GUARANDA		
Vista Planta	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR			LÁMINA	ESCALA	FECHA
	<input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR ABROBAR			1/9	1:30	2016-06-14
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input checked="" type="checkbox"/> INFORMACIÓN	FACULTAD DE CIENCIAS				
		ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA				
		FABIOLA BEATRIZ TARIS AGUACHELA				

FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA
FABIOLA BEATRIZ TARIS AGUACHELA

CORTE LONGITUDINAL

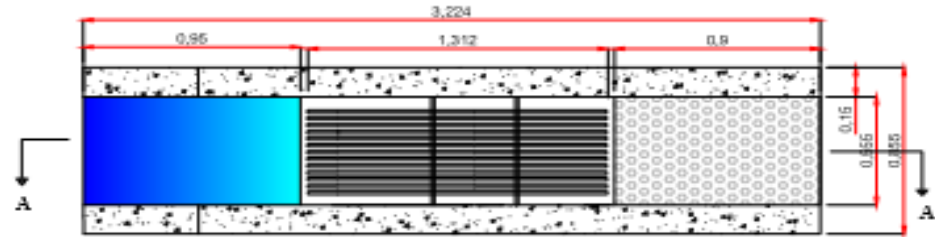
CORTE B-B'



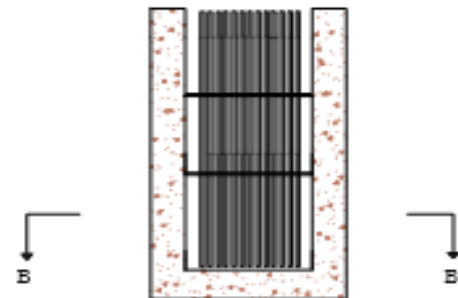
CONTIENE:		CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA FABIOLA BEATRIZ TARIS AGUACHELA	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA GUANUJO DEL CANTÓN GUARANDA		
Corte Longitudinal • Corte B-B'	<div><div><input type="checkbox"/> CERTIFICADO</div><div><input type="checkbox"/> POR ELIMINAR</div></div> <div><div><input type="checkbox"/> APROBADO</div><div><input type="checkbox"/> POR ABROBAR</div></div> <div><div><input type="checkbox"/> POR CALIFICAR</div><div><input checked="" type="checkbox"/> INFORMACIÓN</div></div>						
		LÁMINA	ESCALA		FECHA		
		2/9	1:30	2016-06-14			

REJILLAS

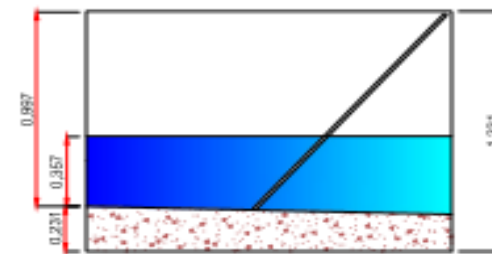
VISTA PLANTA



CORTE B-B'



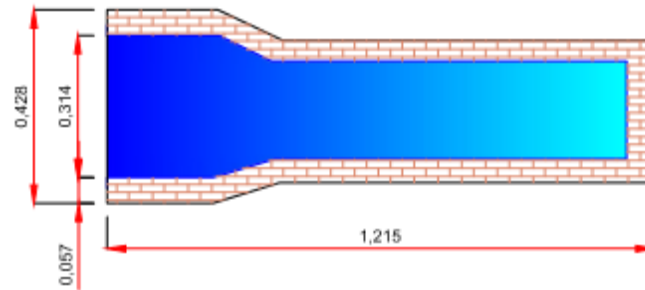
CORTE A-A'



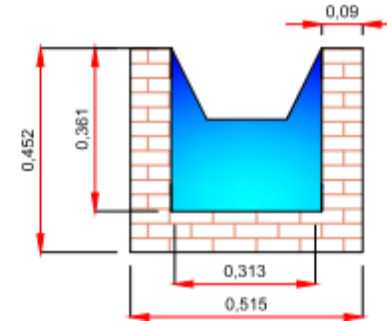
CONTIENE:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	<div style="text-align: center;"> ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA FABIOLA BEATRIZ TARIS AGUACHELA </div>	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA GUANUJO DEL CANTÓN GUARANDA		
Rejillas <ul style="list-style-type: none"> • Vista Plana • Corte A-A' • Corte B-B' 	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR		LÁMINA	ESCALA	FECHA
	<input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR ABROBAR		3/9	1:30	2016-06-14
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input checked="" type="checkbox"/> INFORMACIÓN				

VERTEDERO HORIZONTAL

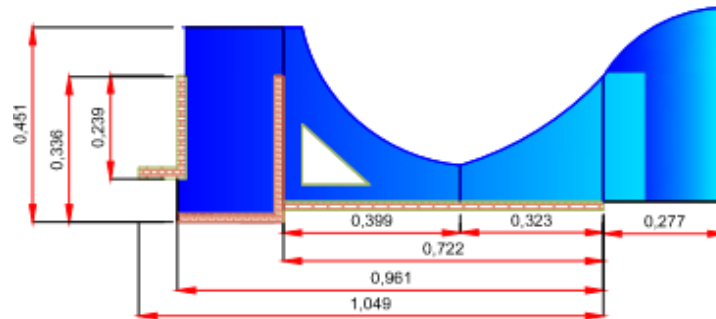
VISTA PLANTA



CORTE B-B'

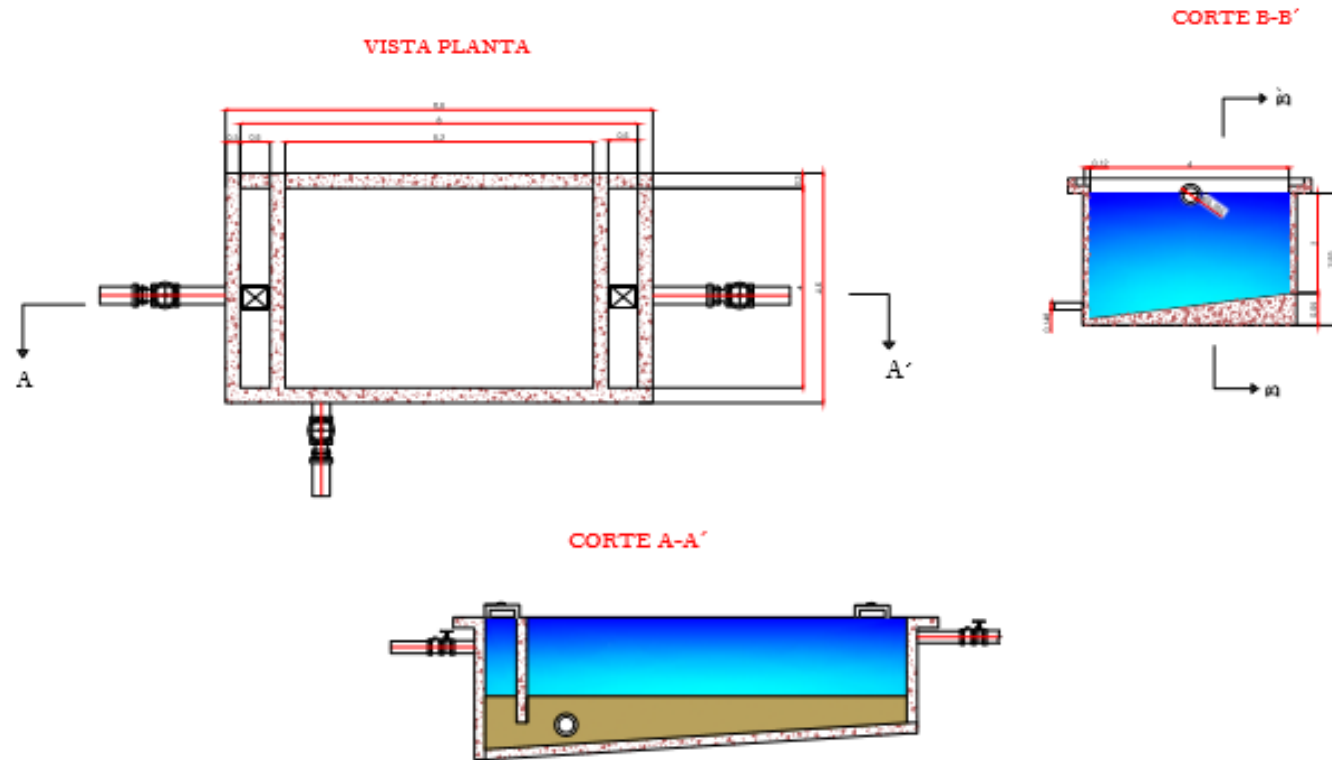


CORTE A-A'



CONTIENE:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	<div style="text-align: center;"> ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA FABIOLA BEATRIZ TARIS AGUACHELA </div>	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA GUANUJO DEL CANTÓN GUARANDA		
Vertedero Horizontal <ul style="list-style-type: none"> Vista Planta Corte B-B' Corte A-A' 	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR ABROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input checked="" type="checkbox"/> INFORMACIÓN		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			4/9	1:30	2016-06-14

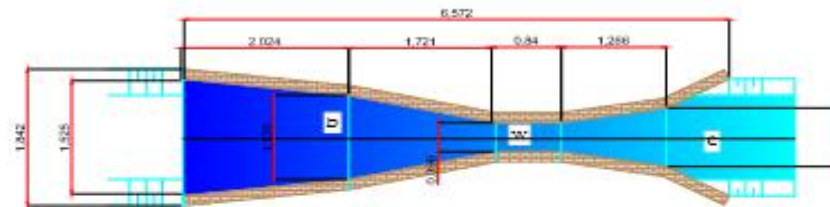
DESARENADOR



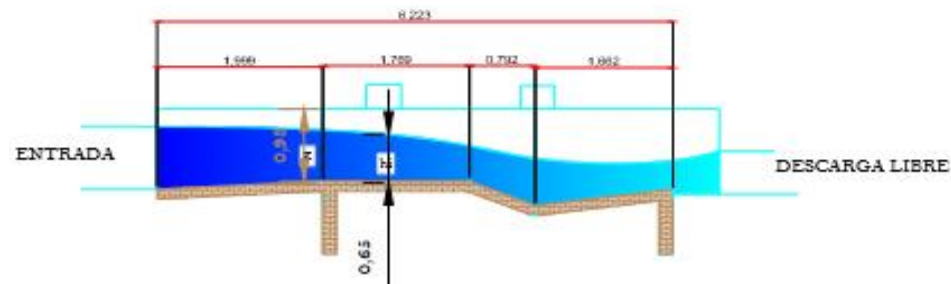
CONTIENE:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH			DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA GUANUJO DEL CANTÓN GUARANDA		
Desarenador <ul style="list-style-type: none"> Vista Planta Corte B-B' Corte A-A' 	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA FABIOLA BEATRIZ TARIS AGUACHELA			LÁMINA	ESCALA	FECHA
	<input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR ABROBAR				5/9	1:30	2016-06-14
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input checked="" type="checkbox"/> INFORMACIÓN						

CANAL PARSHALL

VISTA PLANTA



CORTE A-A'

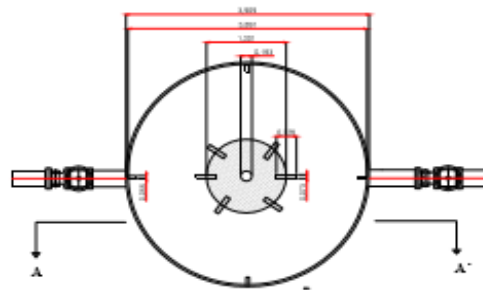


CONTIENE:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA GUANUJO DEL CANTÓN GUARANDA		
Canal Parshall <ul style="list-style-type: none"> Vista Planta Corte A-A' 	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR ABROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input checked="" type="checkbox"/> INFORMACIÓN		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			6/9	1:30	2016-06-14

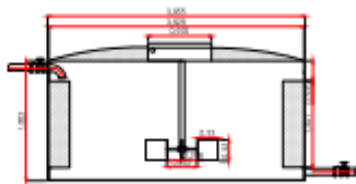
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA
FABIOLA BEATRIZ TARIS AGUACHELA

TANQUE DE MEZCLA RAPIDA

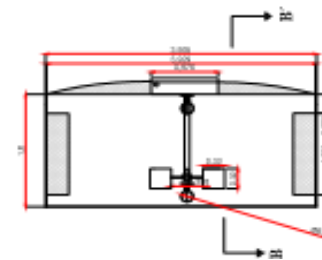
VISTA PLANTA



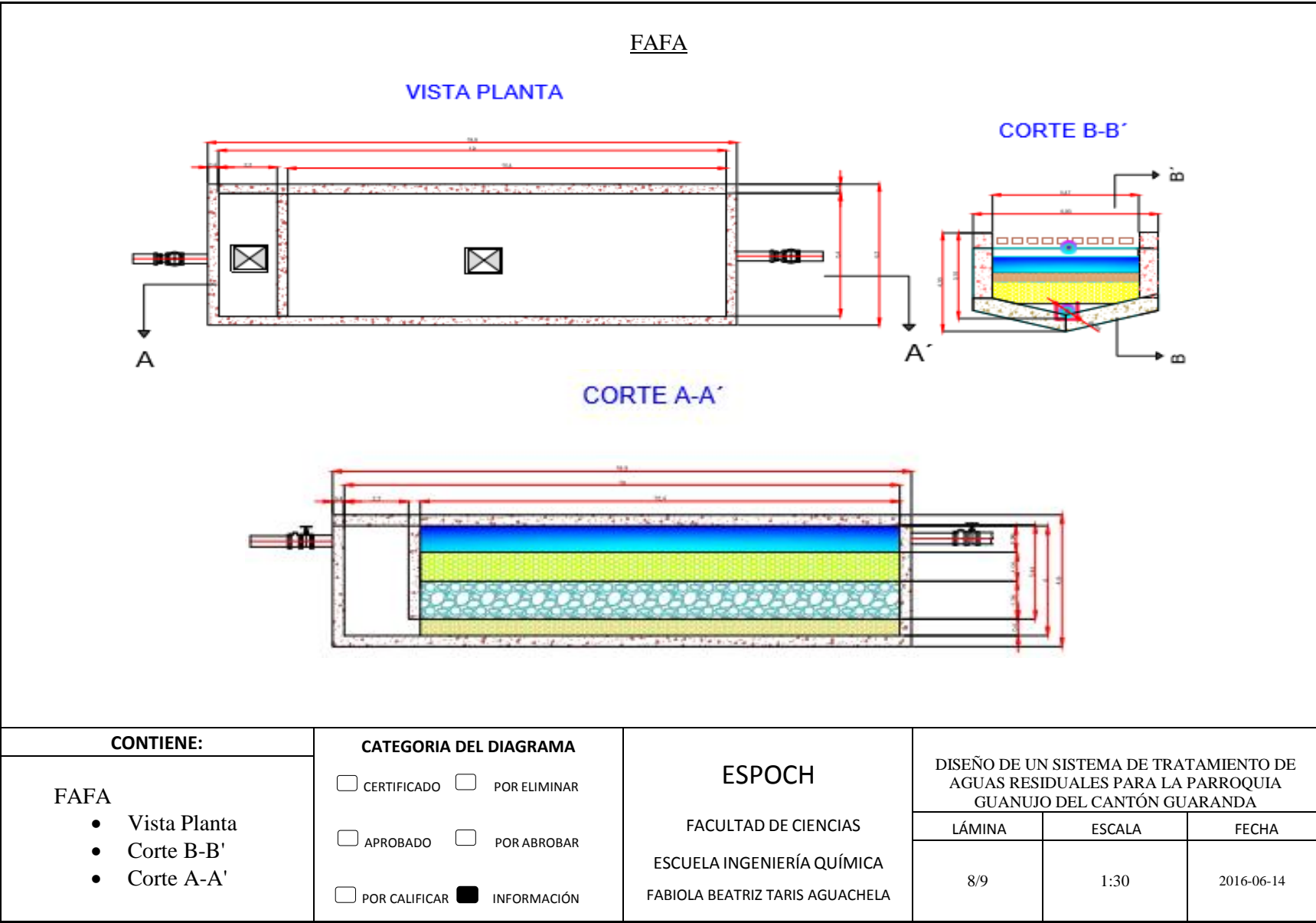
CORTE A-A'



CORTE B-B'

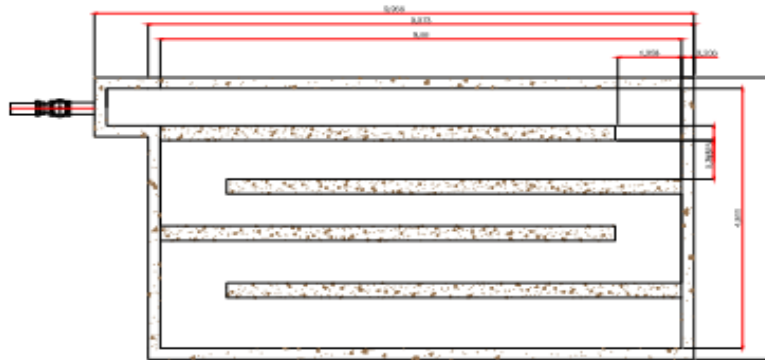


CONTIENE:		CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA GUANUJO DEL CANTÓN GUARANDA		
Tanque de Mezcla Rápida	<div><div><input type="checkbox"/> CERTIFICADO</div><div><input type="checkbox"/> POR ELIMINAR</div></div> <div><div><input type="checkbox"/> APROBADO</div><div><input type="checkbox"/> POR ABROBAR</div></div> <div><div><input type="checkbox"/> POR CALIFICAR</div><div><input checked="" type="checkbox"/> INFORMACIÓN</div></div>			LÁMINA	ESCALA	FECHA
				7/9	1:30	2016-06-14
<div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div>						



TANQUE DE DESINFECCIÓN

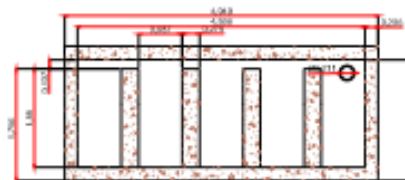
VISTA PLANTA



CORTE A-A'



CORTE B-B'



CONTIENE:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH		
Tanque de Desinfección <ul style="list-style-type: none"> Vista Plana Corte A-A' 	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA FABIOLA BEATRIZ TARIS AGUACHELA	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA GUANUJO DEL CANTÓN GUARANDA	
	<input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR ABROBAR		LÁMINA	ESCALA
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input checked="" type="checkbox"/> INFORMACIÓN		9/9	1:30
				FECHA
				2016-06-14

